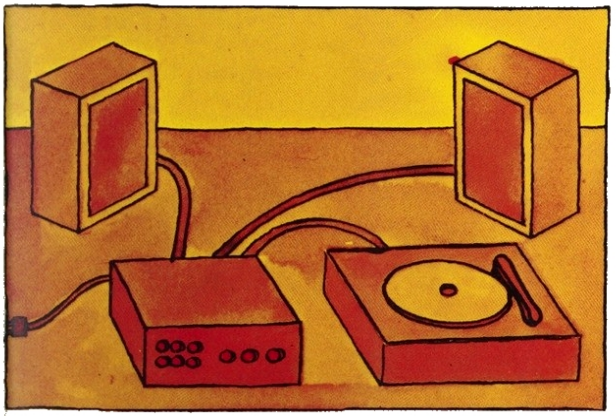
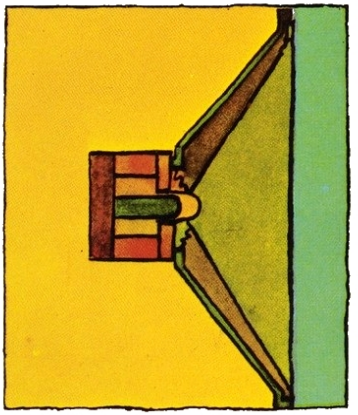
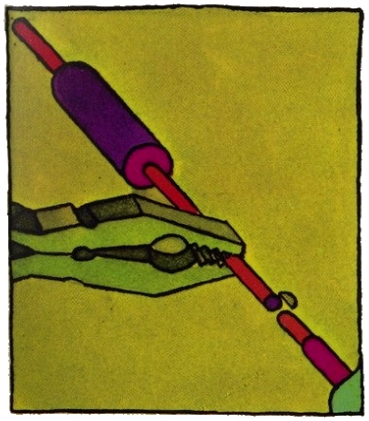
PIERRE CHAUVIGNY

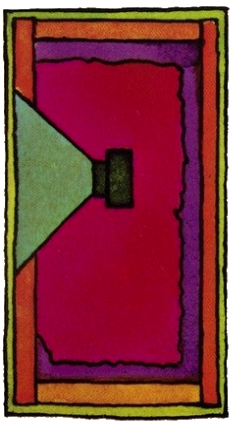
ENCEINTES ACOUSTIQUES HI-FI

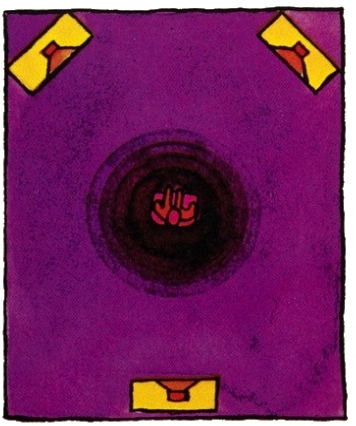
à construire facilement soi-même











EDITIONS RADIO/HACHETTE

Pierre CHAUVIGNY

★

ENCEINTES ACOUSTIQUES HI-FI

à construire facilement soi-même

★

2e édition

SOCIÉTÉ DES ÉDITIONS RADIO
9, rue Jacob 75006 Paris

I. S. B. N. 2 7091 0587 X

© Éditions Radio, Paris,
1974

Imprimé en France
Imprimerie Hérissey, Évreux

Dépôt légal : 1er trimestre 1974
Éditeur nº 631 - Imprimerie nº 16200

INTRODUCTION

Cet ouvrage est destiné à l'amateur de bonne musique désirant fabriquer lui-même ses enceintes acoustiques.

Il est fractionné en deux parties bien distinctes.

La première partie est essentiellement pratique. Des explications claires, une théorie simplifiée sur les phénomènes considérés, des conseils détaillés pour la partie menuiserie, permettront très facilement à chacun de choisir le type d'enceintes acoustiques lui convenant et de mener à bien le travail d'exécution.

Tout ceci sans obligation de prendre connaissance de la seconde partie de l'ouvrage.

Cette première partie se voulant à la portée de tous, même et surtout de ceux n'ayant aucune connaissance en électricité ni acoustique; il nous a semblé sage de ne pas encombrer le texte avec des passages de théorie non indispensables à la bonne réalisation pratique des enceintes acoustiques et propres à rebuter le néophyte s'imaginant qu'il va lui falloir assimiler un véritable cours pour parvenir au but.

La deuxième partie regroupe la théorie, elle est plus spécialement destinée à ceux qui veulent savoir comment « ça » fonctionne. Nous y trouverons des notions d'acoustiques, le principe de fonctionnement des haut-parleurs, la réalisation des filtres séparateurs de fréquences, le groupement des enceintes, la quadriphonie.

GÉNÉRALITÉS

Les enceintes acoustiques sont le dernier maillon de l'appareil reproducteur de musique.

C'est d'elles que dépend en grande partie la qualité de la reproduction musicale.

D'une manière générale les chaînes Hi-Fi bon marché sont munies d'enceintes légères équipées d'un ou plusieurs haut-parleurs ayant des caractéristiques minimales; ce qui est bien compréhensible puisque les fabricants, face à la concurrence, doivent vendre des appareils aux prix les plus compétitifs.

La musique délivrée par de telles enceintes n'a rien de sensationnel.

Il va de soi que tôt ou tard lassé de cette musique sèche et sans profondeur on désire une amélioration sensible.

S'il est impossible à un amateur novice d'améliorer un tourne-disques ou un amplificateur, il n'en est pas de même en ce qui concerne les enceintes acoustiques. Là, en effet, sans connaissances spéciales en électricité ni en électronique il est possible de réaliser soi-même et, ce qui ne gâte rien, à prix de revient très économique des enceintes acoustiques donnant les mêmes résultats que les enceintes acoustiques équivalentes vendues complètement terminées dans le commerce.

Quelle satisfaction, le travail achevé, de passer à l'écoute de vos disques préférés sur le fruit de vos efforts.

PREMIÈRE PARTIE

LA RÉALISATION PRATIQUE DES ENCEINTES ACOUSTIQUES HI-FI

CHAPITRE I

L'ENCEINTE ACOUSTIQUE

L'enceinte acoustique est un coffret dans lequel se trouvent réunis un ou plusieurs haut-parleurs et les accessoires nécessaires (condensateur ou filtre).

Une enceinte acoustique se caractérise par :

L'IMPÉDANCE, la PUISSANCE, la BANDE PASSANTE.

— L'IMPÉDANCE en Ohm (Ω) — on dit aussi impédance de charge ou impédance de sortie — qui doit être équivalente (à plus ou moins 10 %) à celle de l'amplificateur pour avoir le meilleur rendement.

Si l'impédance de l'enceinte est plus faible il y a risque de détérioration de l'amplificateur.

Si l'impédance de l'enceinte est supérieure, pas de risque pour l'amplificateur, mais l'installation accusera une perte de puissance.

(Si vous possédez une chaîne HI-FI, la valeur de cette impédance est indiquée sur la face arrière de l'appareil près des bornes de raccordement ou sur la notice jointe au dit appareil, sinon se renseigner auprès du fabricant).

Les impédances courantes sont 2-4-5-6-8-16 Ω.

— La PUISSANCE en watt (w) qu'elle peut admettre en toute sécurité.

Une bonne règle est d'avoir des enceintes de puissance égale à 1,5 fois celle délivrée par l'amplificateur.

Exemple :

Pour un amplificateur stéréophonique de 2×16 w on aura 2 enceintes de $16 \times 1{,}5 = 24$ w chacune.

La puissance des enceintes ne devra jamais être inférieure à celle de l'amplificateur, il y aurait alors des risques de destruction des

haut-parleurs en fonctionnant au régime maximum de l'amplificateur.

Par contre une enceinte de puissance bien supérieure peut convenir sans aucun risque, toutefois il faut que la puissance de l'amplificateur dépasse la puissance minimum de l'enceinte préconisée dans certains cas par le constructeur des haut-parleurs.

Par exemple un amplificateur de 15 w peut très bien faire fonctionner une enceinte de 60 w et plus.

Mais, s'il est indiqué que la puissance maximum pour faire fonctionner l'enceinte est 20 w, cet amplificateur de 15 w sera inefficace.

Notions sur la puissance

Dans cet ouvrage, quand nous parlerons de puissance, il sera toujours question de puissance réelle ou efficace; c'est la seule valable.

On voit dans le commerce des amplificateurs présentés comme délivrant une puissance musicale, de crête ou encore de crête à crête etc... Il s'agit d'artifices destinés à grossir aux yeux d'amateurs non avertis, la puissance réelle.

Les rapports sont les suivants :

Puissance musicale = 1,5 × puissance réelle.
Puissance de crête = 2 × puissance réelle.
Puissance de crête à crête = 4 × puissance réelle.

(Encore que ces rapports soient différents suivant les pays de production!...).

De cette manière on peut vous présenter un amplificateur de 40 w crête à crête qui en réalité n'est qu'un modeste appareil de 10 w puissance réelle.

Exemples :

1) Si la notice de votre amplificateur indique puissance de crête 18 w vous aurez une puissance réelle de $\frac{18}{2} = 9$ w.

2) Si la notice de votre amplificateur indique puissance musicale 18 w vous aurez une puissance réelle de $\frac{18}{1,5} = 12$ w.

Une chaîne stéréophonique est munie de deux enceintes, lors de l'écoute on écarte ces enceintes d'une distance d'au moins 3 mètres entre elles afin d'obtenir l'effet stéréophonique.

C'est un appareil à deux canaux (voir fig. 1).

Attention dans ce cas à la notion de puissance.

Si l'on a un appareil stéréo d'une puissance de 30 w cela signifie que sur chaque canal on aura une puissance de 15 w.

C'est la puissance par canal qu'il faut considérer pour déterminer la puissance de l'enceinte.

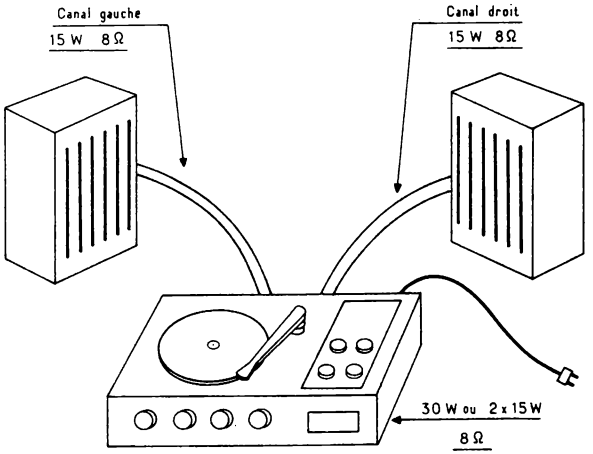


Fig. 1. — Chaîne HI-FI. compacte. On voit que la puissance disponible sur chaque canal est la moitié de la puissance totale fournie par l'amplificateur.

On appelle canal gauche tout ce qui concerne l'enceinte placée à gauche de l'auditeur et canal droit tout ce qui concerne l'enceinte placée à sa droite.

Une chaîne de musique peut avoir ses éléments séparés (fig. 2).

Ou bien la platine tourne-disques est placée sur le coffret de l'amplificateur (voir fig. 1) c'est ce qu'on appelle une chaîne compacte.

Pour mériter l'appellation HI-FI les divers éléments doivent satisfaire, en ce qui concerne les caractéristiques de puissance, de distorsion, de bande passante, etc... aux impératifs des normes de la HI-FI.

D'une manière générale on se réfère à la norme allemande D.I.N. 45 500.

— La BANDE PASSANTE en Hertz (Hz) que nous verrons au chapitre « Haut-parleurs ».

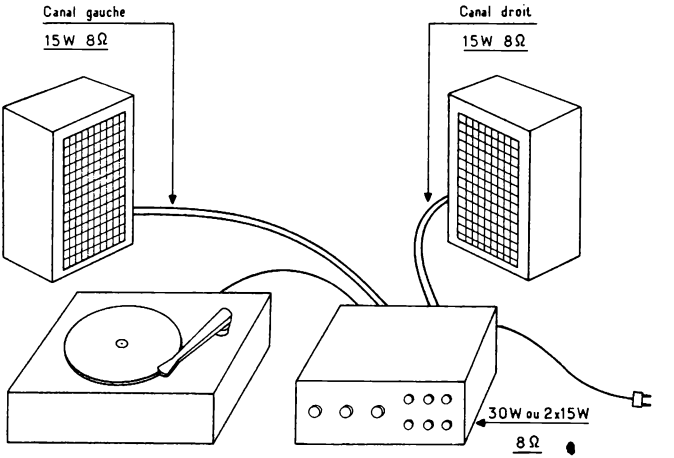


Fig. 2. — Chaîne HI-FI. en éléments séparés.

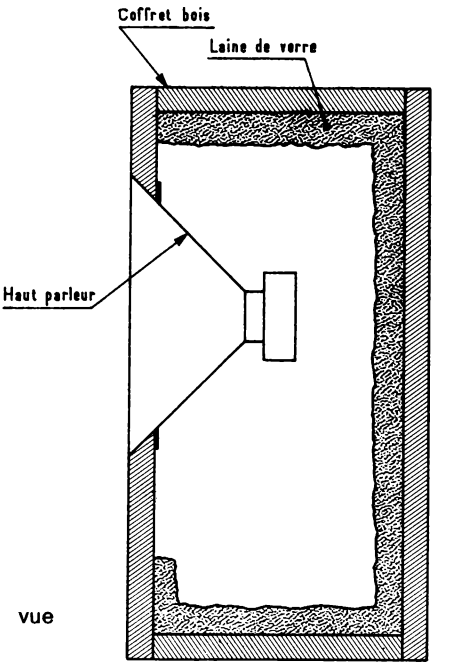


Fig. 3. — Enceinte close vue en coupe.

Donc en résumé,

Toujours tenir compte de la Puissance réelle ou efficace.

La Puissance de l'enceinte sera au minimum égale à celle de l'amplificateur et pour toute sécurité égale à 1,5 la puissance sur chaque canal.

L'impédance des enceintes sera égale à celle de l'amplificateur.

Les différents types d'enceintes

D'aspect extérieur les enceintes se ressemblent toutes : un coffret en bois avec une façade habillée de toile ou d'une grille en ébénisterie ou autre.

L'intérieur par contre les différencie en plusieurs types. On trouve principalement les enceintes closes et les enceintes bass-réflex que nous étudierons en détail.

Il existe aussi des enceintes asservies, omnidirectionnelles, à labyrinthe etc... d'une technologie plus poussée et d'une mise au point souvent délicate dont l'étude sort du cadre de notre ouvrage.

L'ENCEINTE CLOSE

Comme son nom l'indique, l'enceinte close (voir fig. 3), est constituée par un coffret entièrement étanche, elle est très facile à réaliser et sans aucun réglage. Elle est très en vogue dans les fabrications modernes.

L'ENCEINTE BASS-REFLEX

L'enceinte bass-réflex (voir fig. 4) est constituée par un coffret entièrement étanche également, mais sur la face avant en dessous du haut-parleur principal se trouve un orifice d'évent ou tunnel d'accord de section ronde, carrée, ou rectangulaire.

Sa réalisation est donc un peu plus complexe que celle de l'enceinte close du fait de l'évent qui doit être parfaitement calibré. L'évent se détermine en fonction de la fréquence de résonance du haut-parleur principal et du volume de l'enceinte.

Dans l'enceinte close, l'onde arrière du haut-parleur principal est perdue. (Nous verrons plus loin, au chapitre « haut-parleurs », que l'adjonction d'un radiateur passif permet de récupérer cette onde arrière et donc d'obtenir un bon rendement dans les sons graves.)

Dans l'enceinte bass-réflex, grâce à l'évent, on utilise l'onde arrière; ce qui accroît le rendement dans les sons graves, peut-être même d'une manière exagérée ce qui à la longue peut rendre l'audition fatigante.

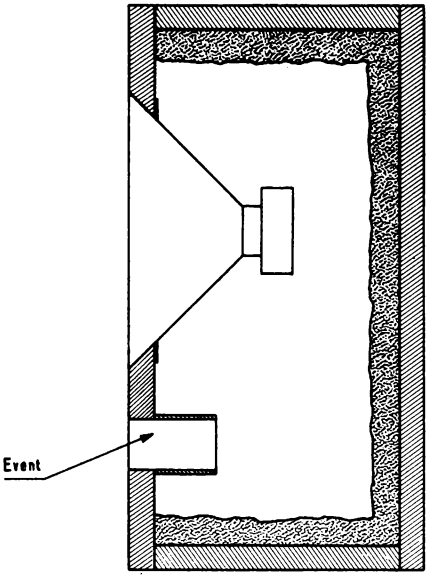


Fig. 4. — Enceinte bass-réflex — vue en coupe — L'évent ou tunnel d'accord doit être parfaitement calibré pour obtenir un bon résultat.

DIMENSIONS DE PRINCIPE.

1°) Pour enceintes closes

2°) Pour enceintes bass réflex

Ces dimensions sont données à titre indicatif. On veillera à ce que la largeur L soit supérieure à la moitié de la hauteur H. On constate que les enceintes bass réflex sont plus volumineuses ce qui est à considérer si on a une salle de séjour exiguë.

Le coffret est constitué par des plaques de bois aggloméré et comprimé d'épaisseur 1,5 à 2,5 cm (ce bois est bon marché et se travaille très aisément). On a toujours avantage à prendre de fortes épaisseurs, ceci afin d'éviter toute vibration et de faciliter le montage, car il est plus commode de fixer les vis dans des panneaux épais.

Pour les enceintes de grandes dimensions (au-dessus de 100 dm^3) on renforcera les parois en fixant des tasseaux de bois, cela donnera

de la rigidité à l'ensemble car il faut le répéter l'enceinte ne doit pas vibrer.

De ce point de vue, la meilleure solution consisterait à fabriquer une enceinte en ciment, ou encore une enceinte à double paroi de

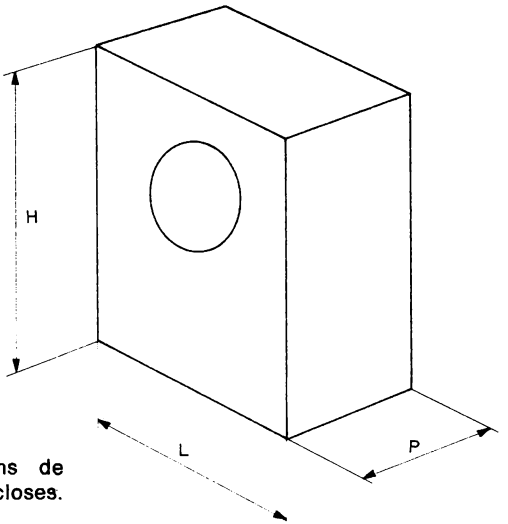


Fig. 5. — Enceinte close : cotes dimensionnelles.

Tableau I. — Dimensions de principe pour enceintes closes.

Ø du h.p cm	H cm	L cm	P cm	Epais. du bois cm	V dm³
17	45	26	21	1,5	25
21	55	30	27	1,8	45
25	65	35	29	2	65

bois le vide étant comblé par du sable; le poids de tels engins est un handicap sérieux. Nous nous en tiendrons à une construction classique en bois plus à la portée de l'amateur.

On évitera d'utiliser du contreplaqué qui est constitué de fines plaques de bois collées entre elles, ce qui pourrait être source de vibrations en cas de fabrication défectueuse.

Le bois massif est à éviter également car à la longue il travaille, se fendille, alors adieu à l'étanchéité de l'enceinte.

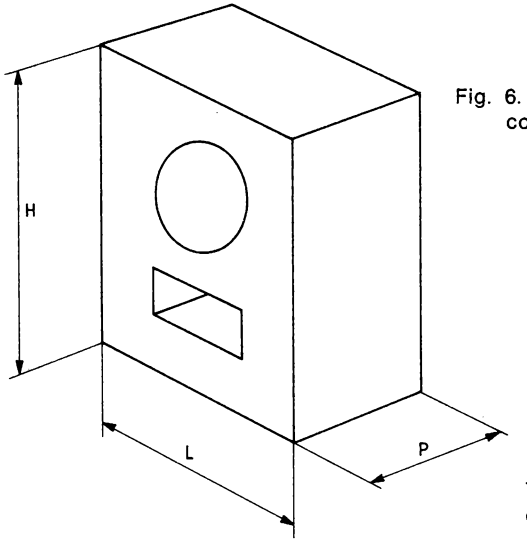


Fig. 6. — Enceinte bass-réflex : cotes dimensionnelles.

Tableau II. — Dimensions de principe pour enceintes bass-réflex.

Ø du h.p. cm	H cm	L cm	P cm	Epais. du bois cm	V dm³
17	66	37	25	2	60
21	80	45	25	2,5	90
25	85	47	29	2,5	115

Intérieurement, les parois latérales et arrière sont tapissées de laine de verre en couche d'épaisseur 3 à 5 cm afin d'amortir l'onde arrière. Ce matériau d'amortissement est fixé par agrafage ou collage.

Compte tenu de sa fabrication facile, de son encombrement moindre, de son excellent résultat musical, nous conseillons à l'amateur débutant de construire une enceinte close.

CHAPITRE II

LES HAUT-PARLEURS

Ce sont des appareils qui transforment l'énergie électrique, en provenance de l'amplificateur, en énergie acoustique.

Ils sont constitués par une membrane de forme conique en papier traité, en plastique ou autres matériaux. Une bobine mobile, reliée électriquement à l'amplificateur.

Un puissant aimant permanent coiffe la bobine.

Cet ensemble bobine mobile-aimant est appelé moteur.

Un corps ou saladier maintient tous ces éléments (voir fig. 7.)

Les haut-parleurs large bande et les boomers ont leurs saladiers ajourés car s'ils émettent des ondes vers l'avant, ils en émettent également vers l'arrière.

Les saladiers des haut-parleurs médium sont également ajourés. Pour que le fonctionnement de leurs membranes ne soit pas affecté par les ondes arrières émises par les boomers, il faudra loger ces haut-parleurs médium à l'intérieur d'un petit coffret ainsi que nous le verrons plus loin dans la construction d'un système à 3 haut-parleurs ou 3 voies.

Les saladiers des tweeters sont entièrement fermés toujours pour que le fonctionnement de la membrane, qui a de très faibles amplitudes, ne soit pas perturbé par les ondes arrières des haut-parleurs principaux.

Les haut-parleurs sont ronds ou elliptiques, forme qui peut présenter un intérêt pour des questions d'encombrement. D'une manière générale on emploie de préférence la forme ronde.

Il existe plusieurs catégories de haut-parleurs :
— série industrielle;
— haut-parleurs inversés;
— haut-parleurs de sonorisation, etc...

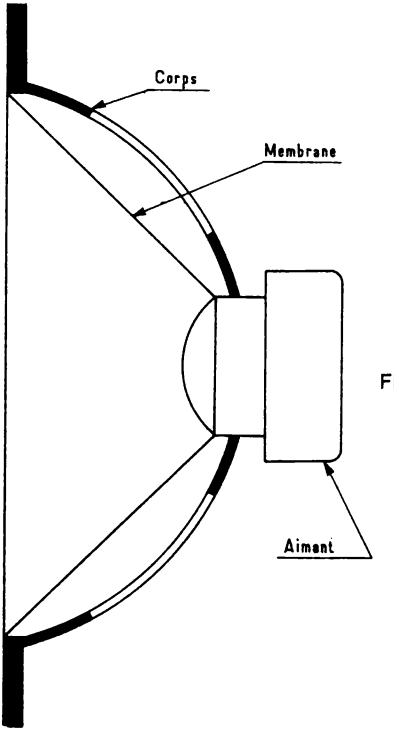


Fig. 7. — Coupe d'un haut-parleur.

Ces catégories ne nous concernent pas, par contre nous serons intéressés par :

Les haut-parleurs pour enceintes closes, si nous avons choisi celles-ci.

Les haut-parleurs pour enceintes bass-réflex, si nous avons choisi celles-là.

En effet, les haut-parleurs sont fabriqués dans des buts d'applications bien définies, il ne faut donc pas utiliser un haut-parleur bass-réflex si l'on décide de fabriquer une enceinte close.

Nous nous procurerons dans les deux cas des haut-parleurs de classe HI-FI.

Un haut-parleur se caractérise par :

— La PUISSANCE en w (Puissance réelle, bien entendu) (Rappelons que cette puissance sera au minimum égale à celle de l'amplificateur ou mieux 1,5 fois celle-ci. En stéréophonie considérer la puissance sur chaque canal ainsi que nous l'avons vu au chapitre précédent).

Notons qu'avec un ampli de 3 w, on peut très bien faire fonctionner un haut-parleur de 25 w ou même plus, sauf si le constructeur indique une puissance minimum supérieure à 3 w.

— L'IMPÉDANCE en Ω (cette impédance sera la même pour le ou les haut-parleurs que nous logerons dans une enceinte et elle correspondra exactement à celle de l'amplificateur.)

— La FRÉQUENCE DE RÉSONANCE qui doit être aussi basse que possible, soit environ 40 Hz et moins, ce qui est généralement le cas pour les fabrications modernes.

— Le TYPE :

Large bande,
Basse ou boomer, ou encore woofer,
Médium ou mid-range,
Aigu ou tweeter.

Ces quatre types sont fonctions de la bande passante que l'on veut obtenir.

Notions sur la bande passante

L'oreille humaine est capable d'entendre des sons de fréquence 16 Hz (hertz) à 17 000 Hz, ce qui est encore variable suivant l'âge de l'auditeur. D'un haut-parleur capable de reproduire ce spectre sonore nous dirons qu'il a une bande passante de 16 Hz à 17 000 Hz.

On trouve quelquefois le symbole KHz (KiloHertz)

1 KHz = 1 000 Hz donc 17 000 Hz = 17 KHz.

Les haut-parleurs d'aigus ou tweeters reproduisent des fréquences jusqu'à 25 000 Hz et plus, inaudibles ces fréquences apportent beaucoup à la musicalité d'une enceinte.

Il est très difficile pour des raisons d'ordre technique de reproduire avec un seul haut-parleur un très grand spectre sonore. C'est pour cette raison que l'on est conduit à faire des enceintes associant deux ou trois haut-parleurs spécialisés chacun dans une certaine gamme de fréquences.

Les différents types de haut-parleurs

1°) LE HAUT-PARLEUR LARGE BANDE.

Il est capable de reproduire une bande passante la plus étendue possible par exemple 40 à 17 000 Hz.

Certains haut-parleurs large bande sont munis d'un cône d'aigus incorporé ce qui augmente la bande passante, la faisant passer de 40 à 18 000 Hz dans le cas précédent. Il va sans dire que si vous choisissez de construire une enceinte à un seul haut-parleur c'est le haut-parleur large bande ou mieux avec cône d'aigus incorporé qui sera adopté.

Il existe toute une gamme de dimensions, mais pour une bonne reproduction des sons graves, nous conseillons de ne pas descendre au-dessous de 20 cm de diamètre pour le haut-parleur principal.

2°) LE HAUT-PARLEUR DE BASSES OU BOOMER OU WOOFER.

Il est spécialisé dans la reproduction des sons graves dont la bande passante sera par exemple de 20 à 1 000 Hz. Nous voyons qu'un tel haut-parleur doit être associé à d'autres haut-parleurs spécialisés dans les fréquences complémentaires.

3°) LE HAUT-PARLEUR MÉDIUM OU MID-RANGE.

Il est spécialisé dans les fréquences intermédiaires, par exemple 800 à 9 000 Hz.

4°) LE HAUT-PARLEUR D'AIGUS OU TWEETER.

Il est spécialisé dans les fréquences aiguës, par exemple 8 000 à 23 000 Hz.

En associant les boomer, médium, tweeter des exemples ci-dessus on obtiendra une bande passante de 20 à 23 000 Hz. Un tel ensemble s'appelle un système à 3 voies.

Une autre association possible est constituée par un haut-parleur large bande et un tweeter.

En prenant un haut-parleur large bande de 40 à 17 000 Hz et un tweeter de 8 000 à 23 000 Hz nous obtiendrons une pande passante de 40 à 23 000 Hz. Un tel ensemble s'appelle un système à 2 voies.

Pour attribuer automatiquement à chaque haut-parleur la bande passante qui lui est propre on utilisera : soit un condensateur non polarisé, soit un filtre pour un système à 2 voies. Pour un système à 3 voies le filtre est le seul moyen possible.

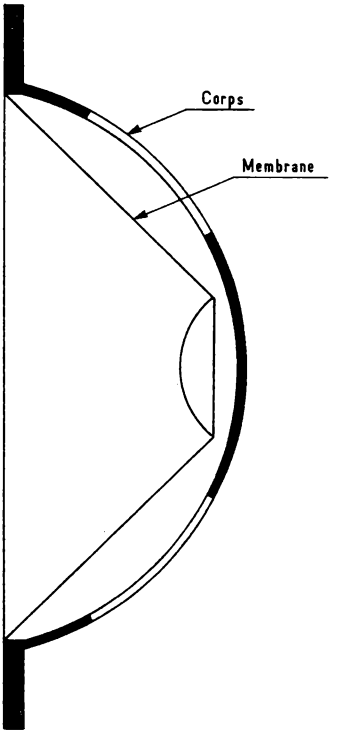


Fig. 8. — Coupe d'un haut-parleur passif ou radiateur passif ; remarquez l'absence de moteur.

Nous parlerons plus en détail des filtres et condensateur au chapitre « Raccordements électriques ».

Les connexions électriques des haut-parleurs se font par soudure dans la plupart des cas; quelquefois par vis et écrou. Évidemment l'amateur peut être tenté par la solution vis-écrou. Mais nous conseillons vivement la solution par soudure.

D'une part au point de vue de la qualité du contact électrique due à l'absence de corrosion et d'autre part au point de vue de la résistance aux vibrations.

En effet, avec la vis-écrou, à la suite des vibrations du haut-parleur, l'écrou peut se desserrer en libérant le fil électrique; celui-ci peut tomber sur une borne voisine et c'est le court-circuit pouvant occasionner la destruction du matériel.

Donc toujours souder, d'ailleurs les soudures sont très simples à réaliser. Nous donnerons tous les conseils utiles au chapitre « Soudure ».

5°) LE HAUT-PARLEUR PASSIF (OU RADIATEUR PASSIF)

C'est un haut-parleur constitué d'un corps ou saladier et d'une membrane. Il n'y a pas de moteur (voir fig. 8). Ce genre de haut-parleur est exclusivement utilisable en enceinte close. Il est très intéressant car il augmente la réponse dans les sons graves du haut-parleur principal.

Ce haut-parleur n'ayant pas de moteur, il n'y a donc pas de connexions électriques, donc montage très simple.

Le haut-parleur passif doit être de même dimension que le haut-parleur principal. Il double donc la surface de radiation, d'où son nom de radiateur.

La membrane est actionnée par les ondes arrières du haut-parleur principal.

On cherchera, autant que possible, à obtenir sur l'ensemble des haut-parleurs utilisés dans une enceinte une bande passante supérieure à celle délivrée par l'amplificateur.

Par exemple, si un amplificateur délivre une bande passante de 40 à 20 000 Hz, on choisira des haut-parleurs capables de couvrir une bande passante de 30 à 22 000 Hz.

Si on construit une enceinte à plusieurs haut-parleurs, on les choisira de préférence de la même marque.

CHAPITRE III

LE BAFFLE

Le baffle est la paroi avant de l'enceinte. Sur cette paroi sont fixés le ou les haut-parleurs et le filtre si l'ensemble des haut-parleurs choisis en nécessite un.

Les haut-parleurs sont fixés sur le baffle au moyen de vis à bois On veillera à l'étanchéité qui doit être parfaite, pour cela on aura recours à la colle, au mastic, etc...

Il y a deux manières de fixer les haut-parleurs.

1°) Sur la face avant (voir fig. 9).

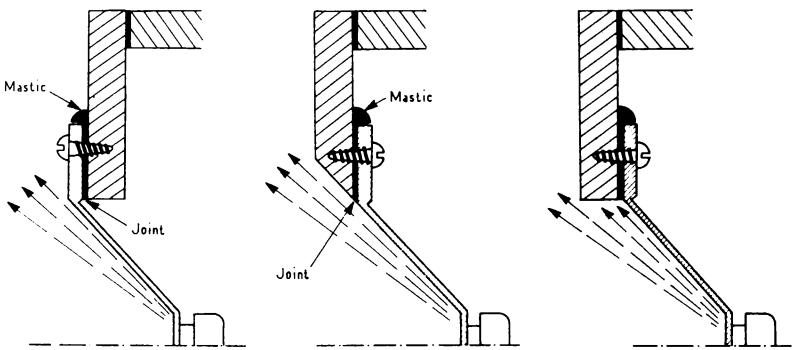


Fig. 9. — (A gauche). Montage du haut-parleur sur la face avant du baffle.

Fig. 10. — (Au milieu). Montage du haut-parleur sur la face arrière du baffle.

Fig. 11. — (A droite). Montage à éviter : la diffusion des ondes est perturbée.

2°) Sur la face arrière (voir fig. 10), dans ce cas l'orifice dans le baffle sera évasé de façon à permettre une bonne répartition des ondes sonores.

Le montage (voir fig. 11) est à éviter, les ondes sonores périphériques se brisent sur l'orifice du baffle, à l'audition on risque d'obtenir des sons de « tunnel ».

En général, les haut-parleurs se montent plus facilement suivant figure 10, en plus ce montage présente de l'intérêt pour l'habillage esthétique final.

Dans le cas d'enceinte bass-réflex, il faudra exécuter dans le baffle l'ouverture d'évent.

Ne pas utiliser du mastic de vitrerie qui se craquèle en séchant; de préférence prendre du mastic plastique qui garde de la souplesse pour faire le cordon d'étanchéité autour du saladier du haut-parleur.

CHAPITRE IV

RACCORDEMENTS ÉLECTRIQUES

Schémas de principe

(On suppose que l'impédance de l'amplificateur est de 8 Ω).

Montage d'un haut-parleur principal qui peut être large bande, ou large bande avec cône d'aigus incorporé (voir fig. 12).

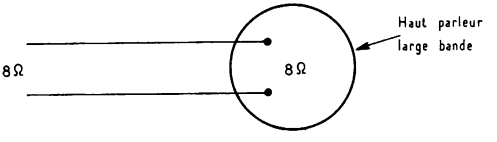


Fig. 12. — Schéma électrique pour 1 haut-parleur

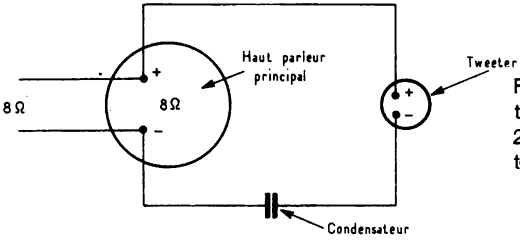


Fig. 13. — Schéma électrique pour système à 2 voies, avec condensateur séparateur de fréquences.

Montage avec deux haut-parleurs (système à 2 voies), un haut-parleur large bande et un tweeter avec utilisation d'un condensateur (voir fig. 13).

Montage à 2 voies comme ci-dessus mais avec utilisation d'un filtre à 2 voies (voir fig. 14).

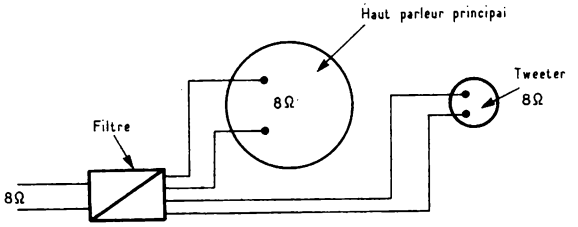


Fig. 14. — Schéma électrique pour système à 2 voies, avec filtre séparateur de fréquences.

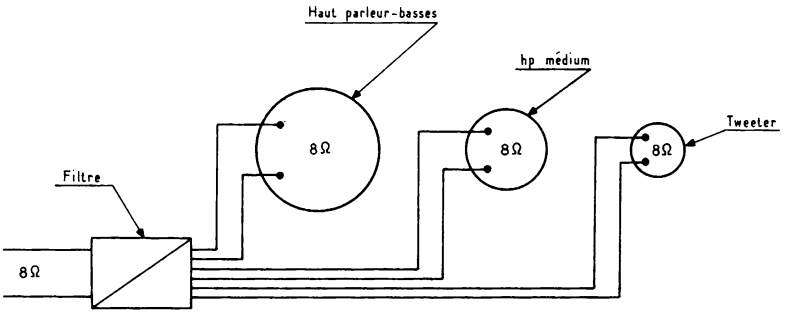


Fig. 15. — Schéma électrique pour système à 3 voies, avec obligatoirement un filtre séparateur de fréquences.

Montage avec trois haut-parleurs (système à 3 voies), un boomer, un médium, un tweeter, un filtre à 3 voies (voir fig. 15).

Ces branchements sont identiques pour enceintes closes ou bass-réflex.

Les différentes combinaisons possibles

a) Montage élémentaire avec un seul haut-parleur principal (voir fig. 16) haut-parleur large bande ou avec cône d'aigus incorporé.

b) Même haut-parleur qu'en A avec adjonction d'un passif (voir fig. 17). Valable seulement pour enceinte close.

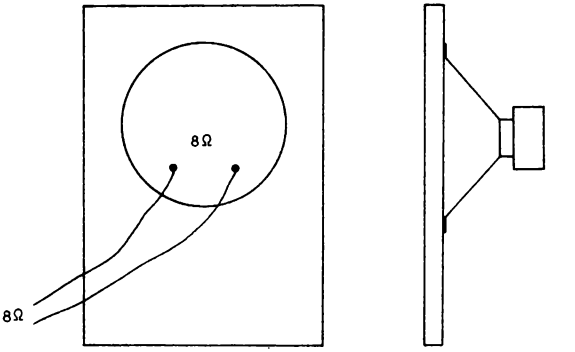


Fig. 16. — Branchement pour baffle à 1 seul haut-parleur.

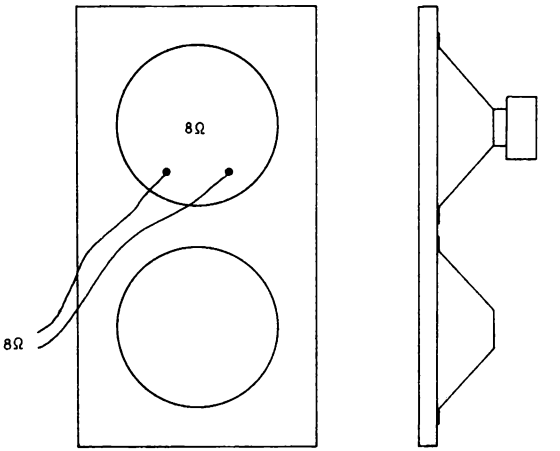


Fig. 17. — Branchement pour baffle à 1 haut-parleur, auquel on adjoint un radiateur passif.

c) Montage comprenant un haut-parleur large bande associé à un tweeter avec condensateur (voir fig. 18).

d) Montage comme en C avec adjonction d'un passif (voir fig. 19). Valable seulement pour enceinte close.

e) Montage comprenant un haut-parleur principal associé à un tweeter avec filtre 2 voies (voir fig. 20).

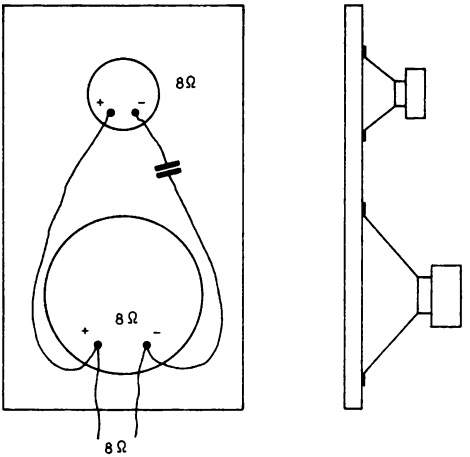


Fig. 18. — Branchement d'un baffle équipé d'un système à 2 voies avec condensateur.

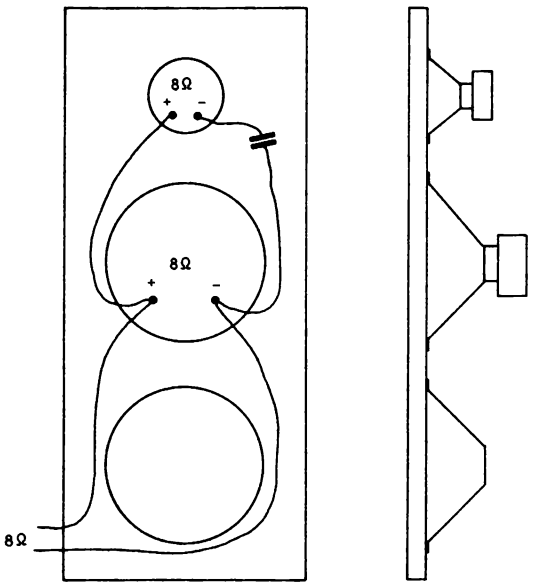


Fig. 19. — Branchement d'un baffle équipé d'un système à 2 voies, avec condensateur, plus un radiateur passif.

Bien sûr à un tel montage vous pouvez ajouter un passif (dans le cas d'enceinte close seulement).

Le filtre est un ensemble compact de condensateurs et de bobines ou selfs.

Le filtre a la même fonction que le condensateur, c'est-à-dire séparer les fréquences réparties à chaque haut-parleur; c'est un appareil beaucoup plus coûteux que le condensateur. Dans le sys-

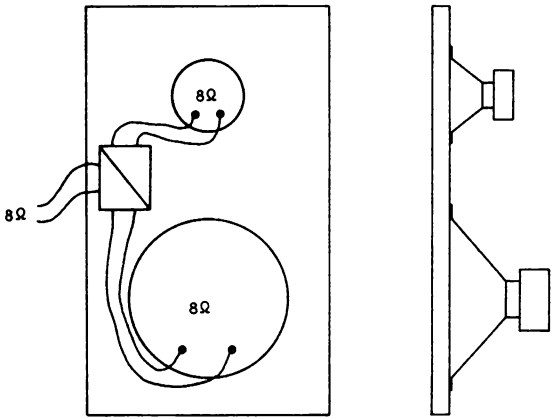


Fig. 20. — Branchement d'un baffle équipé d'un système à 2 voies avec filtre.

tème à 3 voies il faut employer un filtre. Dans le système à 2 voies on a le choix entre le condensateur et le filtre. Nous conseillons de choisir le condensateur. Plutôt que d'acheter un filtre coûteux, il vaut mieux acheter des haut-parleurs de qualité supérieure et utiliser un condensateur, le résultat sera excellent.

f) Montage comprenant :

un boomer, un médium, un tweeter et nécessairement un filtre à 3 voies (voir fig. 21).

Remarquez que le haut-parleur médium est enfermé dans un compartiment étanche de façon à ce que sa membrane ne soit pas soumise aux ondes arrières du boomer. Ce compartiment peut être construit en bois de faible épaisseur ou encore on peut prendre un saladier en matière plastique. L'intérieur de ce compartiment est rempli de laine de verre en vrac non tassée.

On aura soin de mettre une grosse toile sur les ouvertures du corps du haut-parleur médium de façon à empêcher la laine de verre de détériorer la membrane. (Certains haut-parleurs médium sont fabriqués avec un capot arrière étanche; ce qui évite la construction d'un compartiment.)

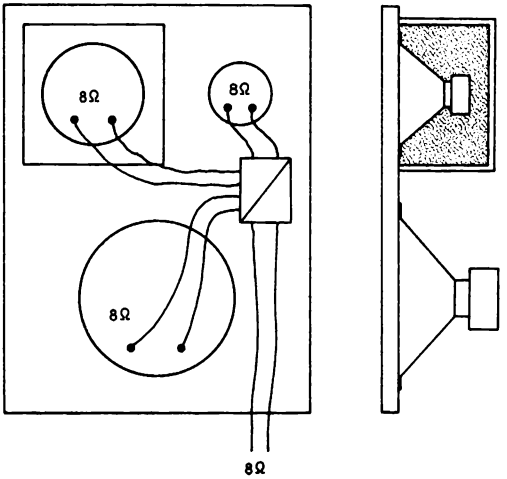


Fig. 21. — Branchement d'un baffle équipé d'un système à 3 voies.

Le montage 3 voies est plus élaboré que les précédents, donc plus coûteux et plus délicat à réaliser, il convient seulement avec un bon amplificateur.

Pour les câblages on utilisera du fil de 9/10 mm environ. Ce fil afin de ne pas vibrer sera fixé le long du baffle par collage ou par des cavaliers.

Pour un amplificateur stéréophonique il faudra donc construire deux enceintes rigoureusement identiques. Il faudra bien repérer le fil + par exemple, cela au moyen d'un petit ruban adhésif.

Sans ce repèrage vous risqueriez d'inverser l'une des enceintes et vous n'obtiendriez plus l'effet stéréophonique.

Les fabricants de haut-parleurs mettent généralement un point de couleur sur le pôle +. S'il n'y a pas d'indication de polarité, on y remédiera comme suit : on utilisera une pile de 1,5 V, on appliquera les pôles de la pile sur les cosses du haut-parleur. Pour être dans le bon sens il faut que la membrane parte vers l'avant; dans ce cas le pôle + de la pile correspond au pôle + du haut-parleur.

Les condensateurs séparateurs de fréquences sont de type non polarisé, c'est-à-dire que vous pouvez les raccorder dans n'importe quel sens. Sur la figure 22 nous donnons un exemple de raccordement électrique pour un baffle de système à 2 voies avec condensateur.

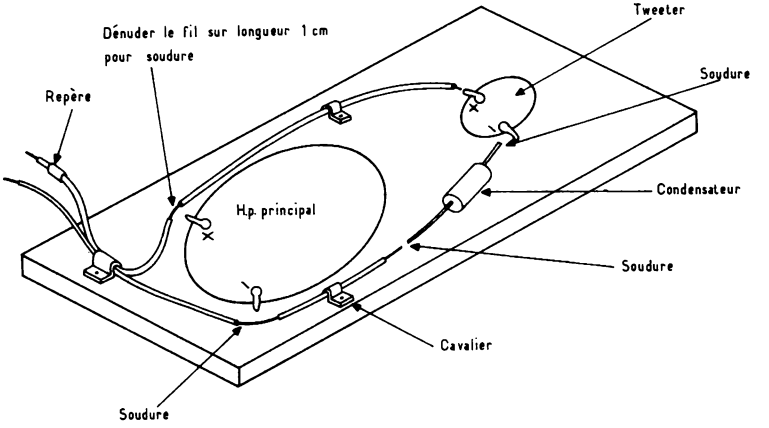


Fig. 22. — Détail de branchement d'un système à 2 voies avec condensateur.

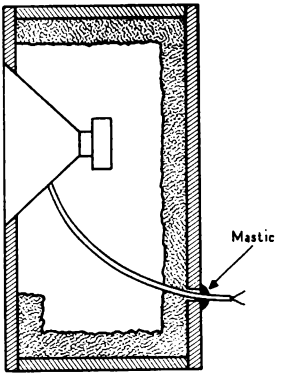


Fig. 23. — Le fil électrique traverse le panneau arrière, mettre du mastic pour éviter les fuites d'air.

Pour sortir les fils de l'enceinte vous pouvez les faire passer directement au travers du panneau arrière (voir fig. 23). Ou bien vous raccordez à une prise femelle (voir fig. 24). Il faudra tenir compte de ce choix pour calculer la longueur du fil en conséquence.

Les prises standardisées pour liaisons d'enceintes comportent 1 barrette plate et une barrette cylindrique qui correspond au pôle + (voir fig. 24 bis.)

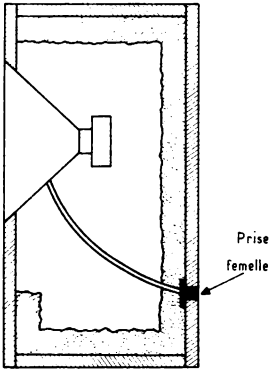
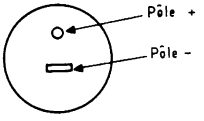


Fig. 24. — Le fil électrique se raccorde sur une prise femelle.

Fig. 24 bis. — Position des pôles sur les prises de raccordement d'enceintes.



Pour choisir les haut-parleurs, il faut se procurer la documentation des divers constructeurs. Vous trouverez outre les caractéristiques des haut-parleurs, des indications en ce qui concerne les condensateurs et les filtres à employer, les dimensions des évents pour bass-réflex. Vous trouverez aussi les dimensions recommandées pour les enceintes en fonction des haut-parleurs.

CHAPITRE V

LA SOUDURE

C'est un travail qui effraie plus ou moins l'amateur novice, pourtant le matériel est des plus simples :

-- de la soudure auto-décapante qui se présente sous forme de fil;

— un fer à souder électrique, un petit suffira amplement.

(A mes débuts il m'est arrivé, alors que je n'avais pas de fer à souder, d'utiliser la pointe d'un tournevis chauffée sur le gaz!)

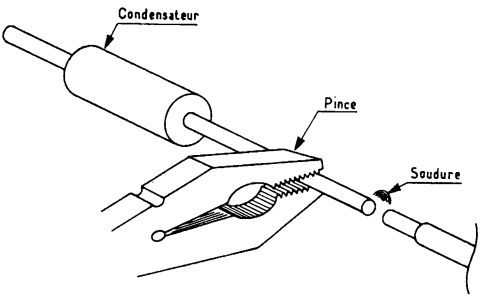


Fig. 25. — La pince fait radiateur et limitera les effets néfastes de la chaleur de soudure sur le condensateur.

Pour faire une bonne soudure il faut que les éléments à assembler soient propres, ce que l'on obtiendra en grattant avec un canif les cosses et les extrémités des fils. Ensuite faire chauffer le fer à souder (on voit qu'il est chaud lorsqu'il fait fondre la soudure).

Une fois chaud, le poser un temps très court (1 à 2 s) sur la partie la plus épaisse à souder de manière à la réchauffer; puis faire couler un peu de soudure, maintenir en place pendant le refroidissement. Pour souder le condensateur il sera pratique de tenir le fil du condensateur avec une pince qui jouera le rôle de radiateur dissipateur de chaleur. Cette précaution empêchera la chaleur dégagée par la soudure d'endommager le condensateur (voir fig. 25). Si vous n'avez jamais soudé entraînez-vous à raccorder des morceaux de fil électrique afin d'acquérir le coup de main, ce sera vite fait.

Encore un conseil; quand vous soudez à proximité de la membrane du haut-parleur, protégez celle-ci par un morceau de carton. Car par mégarde on peut envoyer une goutte de soudure chaude sur la membrane et la détériorer.

CHAPITRE VI

LA MENUISERIE

Nous avons maintenant fait le tour en ce qui concerne les parties acoustique et électrique, il nous reste à voir la construction du coffret. Nous allons indiquer deux méthodes de construction. La première est très simple, nous l'appellerons coffret type amateur. La seconde plus recherchée que nous appellerons coffret type ébéniste.

Pour que les exemples soient vivants et profitables nous supposons que nous voulons fabriquer une enceinte close pour laquelle nous avons choisi un haut-parleur de 21 cm à bande passante de 40 à 17 000 Hz. Dans sa notice le constructeur précise outre l'impédance, la puissance, la fréquence de résonance, etc... que le volume extérieur de l'enceinte close sera compris entre 25 et 40 dm^3 (ce volume est quelquefois exprimé en litres, mais nous savons que 1 litre = 1 dm^3).

Nous avons là toutes les données utiles pour définir les dimensions de l'enceinte. En effet le volume s'obtient en multipliant la hauteur par la largeur et par la profondeur :

$$V = H \times L \times P \quad \text{(voir fig. 26).}$$

Les dimensions étant exprimées en dm.

Rappelons qu' 1 dm = 10 cm.

Plus l'enceinte sera volumineuse, meilleur sera le résultat sur le plan musical.

Puisque nous sommes dans les suppositions, et bien supposons que nous avons une vaste salle de séjour, donc nous allons chercher à obtenir le volume maximum de 40 dm³. (Au contraire si nous étions à l'étroit et manquant de place nous chercherions à obtenir le volume minimum de 25 dm³ mais il ne faudrait pas descendre au-dessous de cette valeur.)

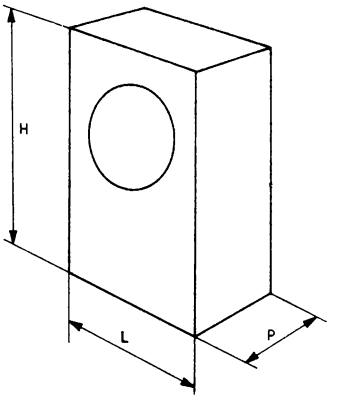


Fig. 26. — Cotes dimensionnelles de l'enceinte.

Nous pouvons connaître la largeur facilement. Nous savons que le diamètre extérieur du haut-parleur est 22 cm, nous allons prendre du bois aggloméré comprimé en épaisseur 2 cm; de chaque côté du haut-parleur on laissera un jeu de 2 cm.

La largeur sera donc :

$$L = \underbrace{22}_{\text{haut-parleur}} + \underbrace{2 + 2}_{\text{jeux}} + \underbrace{2 + 2}_{\text{parois}} = 30 \text{ cm soit } 3 \text{ dm.}$$

Nous avons vu précédemment que la hauteur doit être inférieure à 2 fois la largeur d'où la hauteur H sera au maximum :

$$30 \times 2 = 60 \text{ cm.}$$

Pour être conforme à ce que l'on vient de lire on prendra :

$$H = 56 \text{ cm soit } 5{,}6 \text{ dm.}$$

Il reste à calculer la profondeur P qu'on obtiendra par la formule : $P = \dfrac{V}{L \times H}$

donc $P = \dfrac{40}{3 \times 5{,}6} = 2{,}3$ dm soit 23 cm.

Les dimensions extérieures seront finalement :

H = 56 cm L = 30 cm P = 23 cm.

1ere Méthode : Coffret type amateur

C'est une construction vraiment très facile, tous les panneaux sont coupés à angles droits, comme on peut s'en rendre compte sur la figure 27.

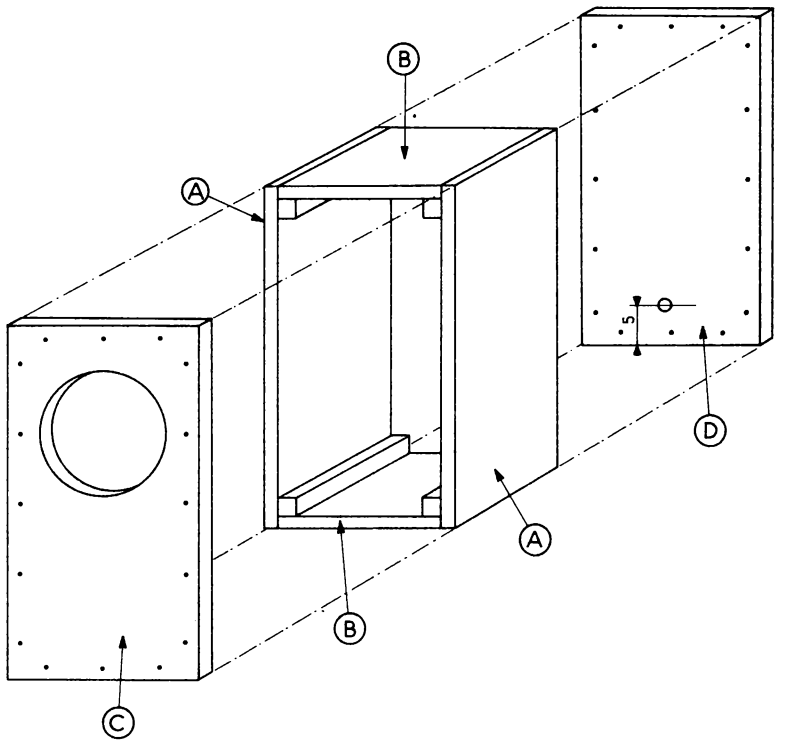


Fig. 27. — Vue éclatée de l'enceinte, la facilité d'une telle construction apparaît clairement.

Sur les panneaux, repère *A* (voir fig. 28) on fixera par colle et clous des tasseaux carrés de 2 cm en sapin.

Les panneaux repère *B* (voir fig. 29) sont sans histoire.

Le panneau avant ou baffle repère *C* (voir fig. 30) est plus ouvragé. Il va falloir faire l'ouverture pour le haut-parleur. Celle-ci est positionnée légèrement vers la partie supérieure. Au moyen d'un compas

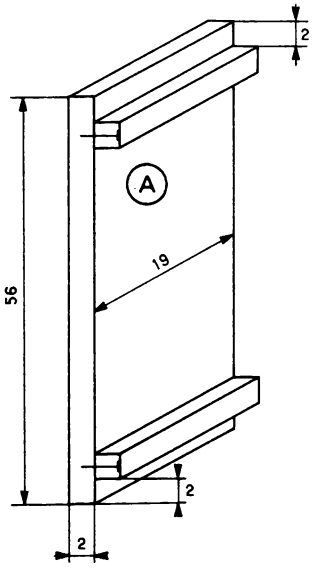


Fig. 28. — Détail de fabrication des parois latérales.

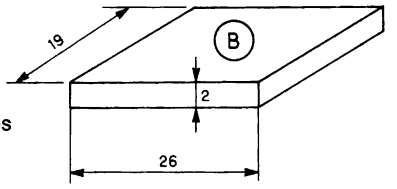


Fig. 29. — Détail de fabrication des parois supérieure et inférieure.

tracer le diamètre 20 cm. Si on possède une scie sauteuse la découpe se fera aisément. Sinon il faudra utiliser une perceuse et on procèdera comme suit :

On tracera un diamètre de perçage de 17,6 cm.

Sur ce diamètre de perçage, avec un foret de 4 mm nous percerons des trous espacés de 7 mm environ. Puis dans ces petits trous nous repercerons avec un foret de 8 mm. Le disque intérieur s'enlèvera ensuite sans difficulté.

On terminera l'ouverture avec une râpe à bois.

Cette ouverture sera cylindrique si le haut-parleur est fixé par devant (voir fig. 31). Elle sera évasée si le haut-parleur est fixé à

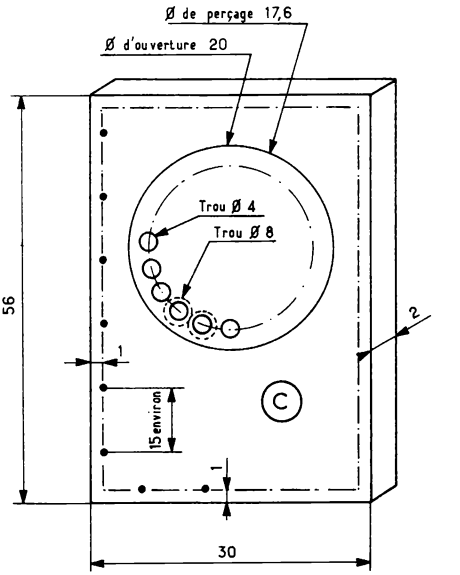
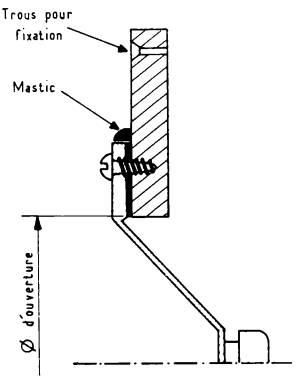


Fig. 30. — Détail montrant la manière d'exécuter, dans le baffle, l'orifice pour le haut-parleur.

Fig. 31. — Le haut-parleur est fixé sur la face avant du baffle.



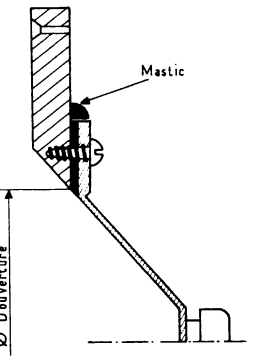


Fig. 32. — Le haut-parleur est fixé sur la face arrière du baffle, l'orifice doit être évasé pour permettre une parfaite dissipation des ondes émises par le haut-parleur.

l'arrière (voir fig. 32). Sur le pourtour du baffle il reste à percer les trous de fixation pour vis tête fraisée de 4 × 35. Ces vis doivent être assez nombreuses pour assurer l'étanchéité et un assemblage sans vibration; une bonne règle est d'avoir un espace de 15 cm environ entre chaque vis.

Si on voulait associer un tweeter au haut-parleur principal de cette enceinte on le positionnerait au-dessus du haut-parleur principal qui lui-même serait placé vers le bas (voir fig. 33). Le volume de l'enceinte restant le même.

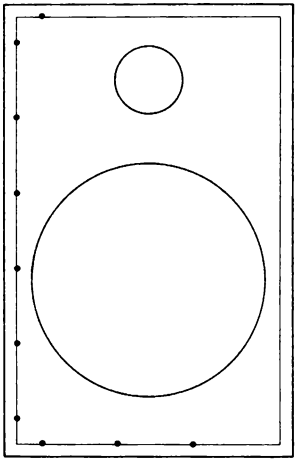


Fig. 33. — Dessin de principe montrant qu'on fixe le tweeter au-dessus du haut-parleur principal.

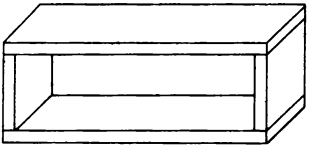


Fig. 34. — Tunnel d'évent pour enceinte bass-réflex.

Si au lieu d'une enceinte close, on fabriquait une enceinte bass-réflex; il faudrait, dans ce panneau de baffle, percer l'orifice pour le tunnel d'accord. Ce tunnel se fabrique en contreplaqué de 6 mm collé et cloué (voir fig. 34). Les dimensions de ce tunnel sont données

dans les documentations des constructeurs de haut-parleurs. Le tunnel sera ensuite fixé par collage sur le baffle, si besoin est on pourra parfaire l'étanchéité avec du mastic (voir fig. 35).

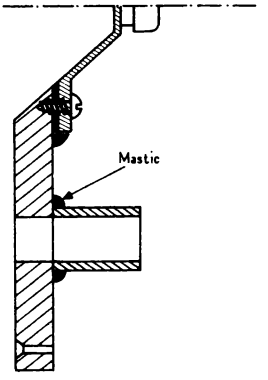


Fig. 35. — Montage du tunnel d'évent sur le baffle.

Le panneau arrière repère *D* (voir fig. 27) sera de mêmes dimensions extérieures que le baffle. On percera également sur le pourtour les trous pour vis de fixation dans les mêmes conditions. Sur ce panneau arrière il faudra également prévoir à 5 cm du bas le passage du fil électrique.

On a le choix entre deux possibilités :

— Soit de faire traverser le fil au moyen d'un trou de 5 mm, l'étanchéité se faisant avec du mastic (voir fig. 23).

— Soit de se raccorder à une prise femelle, dans ce cas on percera un trou en accord avec les dimensions de la prise (voir fig. 24).

Voici donc réalisées toutes les pièces constitutives, nous pouvons passer au montage. D'abord assembler les panneaux *A* et *B* par collage et clous ou vis têtes fraisées au choix. Ensuite sur le baffle fixer le haut-parleur avec des vis à bois et faire joint sur le pourtour avec du mastic. Exécuter les branchements ainsi qu'indiqué au chapitre « raccordements électriques ». Pour faire l'étanchéité entre ce baffle et la caisse on mettra soit du mastic ou de la bande plastique mousse adhésive vendue dans le commerce pour faire des joints de fenêtre. Ensuite, tapisser les parois latérales et arrière avec un matelas de laine de verre d'épaisseur 3 à 5 cm qu'on collera ou agrafera

(voir fig. 3). Vérifier qu'on a bien repéré le fil soudé sur le pôle marqué en couleur sur le haut-parleur. Terminer par la fixation du panneau arrière *D* en observant les mêmes règles d'étanchéité qu'en ce qui concerne le baffle.

Telle quelle l'enceinte est prête à fonctionner on peut la raccorder à l'amplificateur et faire un essai. Si l'aspect esthétique ne vous préoccupe pas, vous avez terminé votre tâche.

Sinon, il reste le travail final : l'habillage.

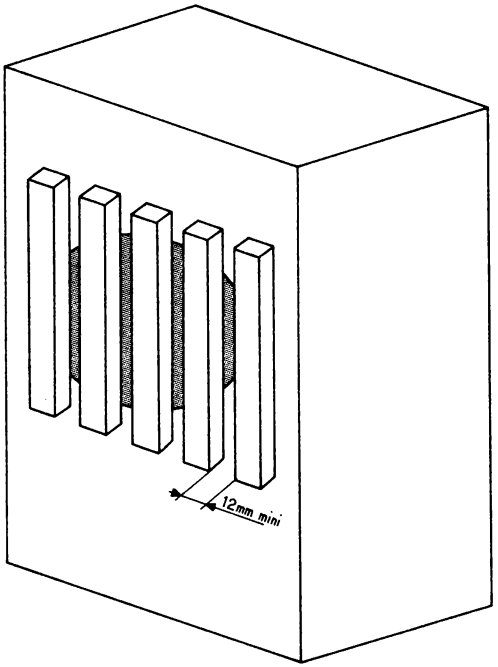


Fig. 36. — Habillage d'une façade d'enceinte au moyen de petites lattes ; recommandé pour un seul haut-parleur.

On peut peindre l'enceinte, auparavant il faudra cacher les têtes de vis et clous avec du mastic. On peut aussi recouvrir l'enceinte avec du papier adhésif imitation bois, velours, tissu, etc... suivant les goûts. On aura soin, bien sûr, de ne pas recouvrir l'ouverture du haut parleur et du tunnel d'évent s'il y en a un.

Pour masquer l'ouverture du haut-parleur on peut coller des tasseaux carrés de 1 cm et de longueur 25 cm espacés de 1,2 cm mini-

mum car il ne faut pas obturer plus de 40 % de la surface du haut-parleur. On obtient une enceinte finie d'un bel aspect (voir fig. 36).

S'il y a plusieurs haut-parleurs à masquer, il faudra confectionner un cadre en tasseau rectangulaire de 2 × 1,5 cm (voir fig. 37). Ce

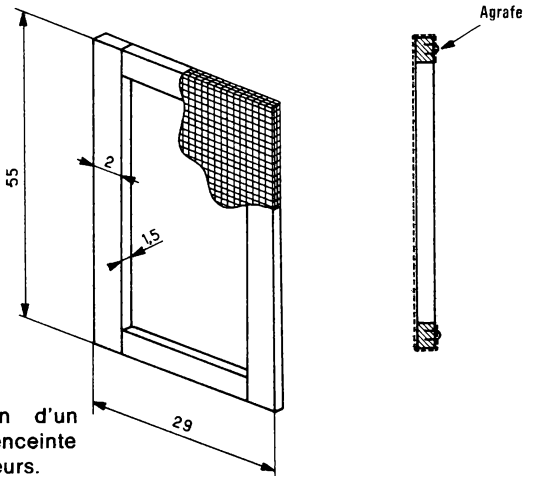


Fig. 37. — Fabrication d'un cadre pour habillage d'enceinte à plusieurs haut-parleurs.

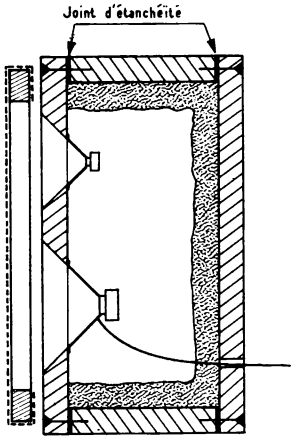


Fig. 38. — Coupe d'une enceinte à 2 voies dont la façade est un cadre entoilé.

cadre sera recouvert d'une toile à grosses mailles ayant une porosité d'au moins 60 % afin de ne pas étouffer le son (on vend de la toile spéciale pour façade d'enceinte dans les magasins spécialisés).

Cette toile sera agrafée sur le cadre ou encore fixée avec des petites pointes à tête large. Bien tendre la toile pour qu'il n'y ait pas de faux plis. Ce cadre ainsi préparé sera fixé par quatre vis ou mieux au moyen de bande « Velcro ». Avant de fixer ce cadre, il sera prudent de peindre en noir toute la façade, de cette manière la membrane qui est noire sera confondue. Si l'on n'a pas de peinture, on peut utiliser de l'encre de Chine noire, celle-ci sèche en quelques minutes. La figure 38 montre un exemple d'applicationn de cadre entoilé.

NOTA : Si vous ne savez pas bien scier vos panneaux vous pouvez faire exécuter ce travail par un menuisier ou un marchand de bois au détail. Certains sont équipés de machines à scier modernes qu coupent vos panneaux avec une grande précision et un équerrage parfait, qui facilite grandement le montage.

2e méthode : Coffret type ébéniste

C'est une construction plus recherchée et plus onéreuse (voir fig. 39). Les panneaux latéraux repères *E* et le panneau supérieur repère *F* seront en bois aggloméré comprimé avec une face plaquée de chêne, de noyer, de teck, etc... au choix.

Le baffle repère *G*, le panneau arrière repère *H* et le panneau inférieur repère *F* seront en bois aggloméré comprimé ordinaire, c'est-à-dire sans face plaquée. Nous gardons le même haut-parleur et les mêmes caractéristiques de volume que pour le coffret type amateur.

Les panneaux repère *E* sont fabriqués selon la figure 40. Il faut couper les bords supérieurs et inférieurs à un angle de 45°. Les tasseaux collés et cloués sont en sapin carré de 2 cm. Il faut exécuter dans ces tasseaux les trous pour vis de fixation du baffle et des panneaux supérieurs et inférieurs (voir plus loin fig. 45). Mettre des vis tous les 15 cm environ.

Évidemment on percera tous ces trous avant de coller les tasseaux, ce sera plus facile.

Les panneaux repères *F* sont exécutés suivant la figure 41. Dans le tasseau avant prévoir les trous pour vis de fixation du baffle.

Le panneau de baffle repère *G* ainsi que le panneau arrière repère *H* sont exécutés suivant les mêmes principes que pour le coffret type amateur (voir fig. 42 et 43). La façade du panneau de baffle sera peinte en noir si la membrane du haut-parleur est noire.

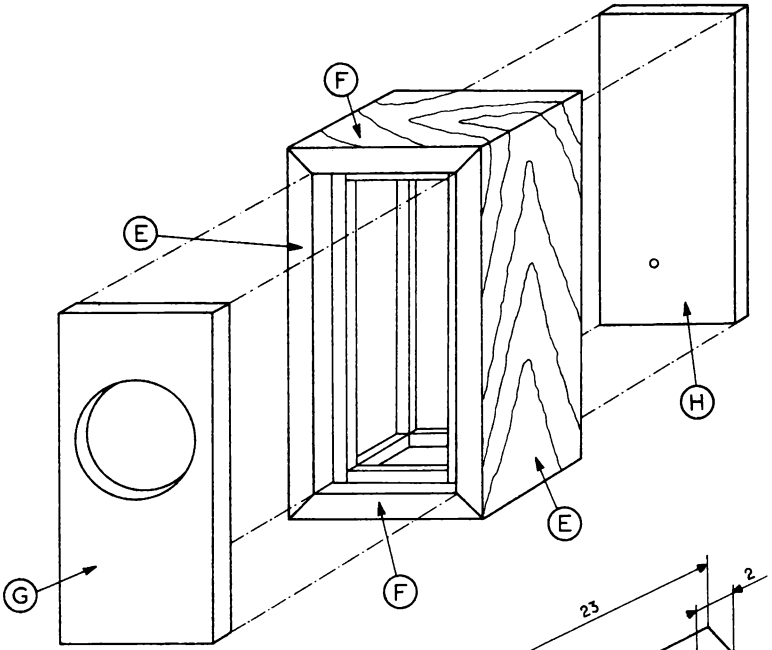


Fig. 39. — (en haut) Vue d'une enceinte en bois plaqué.

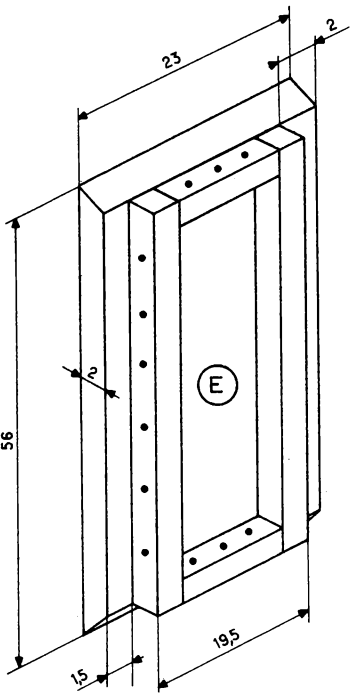


Fig. 40. — (ci-contre) Détail de fabrication des parois latérales en bois plaqué.

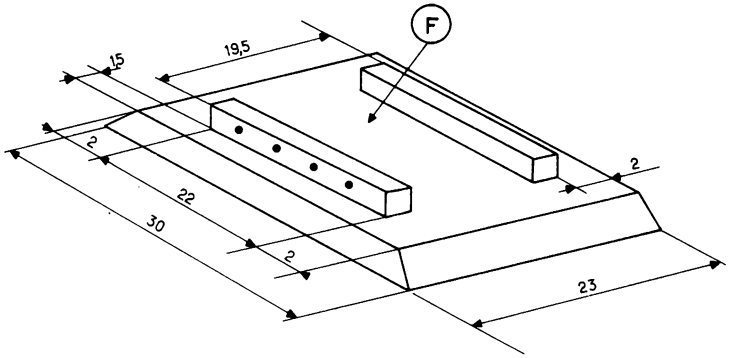


Fig. 41. — Détail de fabrication des parois supérieure et inférieure. La paroi supérieure est en bois plaqué. La paroi inférieure n'a pas besoin d'être plaquée.

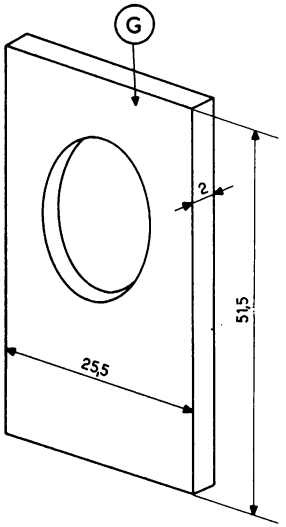
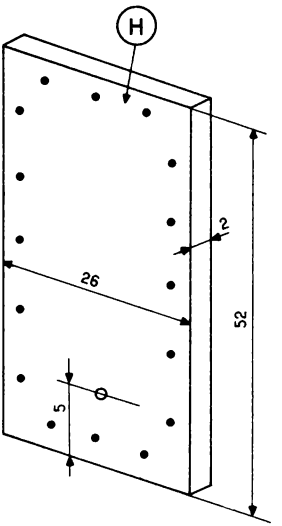


Fig. 43. — Détail de fabrication du panneau arrière en bois non plaqué ou plaqué suivant la position de l'enceinte dans la pièce d'audition.

Fig. 42. — Détail de fabrication du baffle en bois non plaqué.



Procédons maintenant au montage. Commençons par assembler les panneaux *E* et *F* par collage et vis à bois placées à l'intérieur de l'enceinte. Équipons le baffle avec son ou ses haut-parleurs comme indiqué au chapitre « Raccordements électriques ». Directement sur ce panneau fixons la toile d'habillage par agrafage (voir fig. 44 et 45).

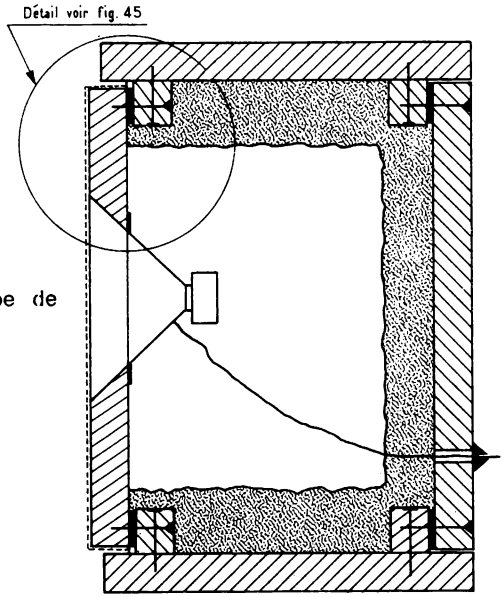


Fig. 44. — Vue en coupe de l'enceinte terminée.

En montant le baffle on aura soin sur tout son pourtour de mettre un joint d'étanchéité soit de la bande mousse plastique adhésive, soit du mastic.

Si nous montons le haut-parleur sur la façade du baffle cela ferait un petit renflement sur la toile. Pour éviter cet inconvénient on fixera sur toute la périphérie du baffle une petite moulure rectangulaire de 1,5 cm × 1 cm comme indiqué sur la figure 46. Il n'y a plus qu'à fixer le panneau arrière en observant les consignes déjà évoquées concernant le joint d'étanchéité.

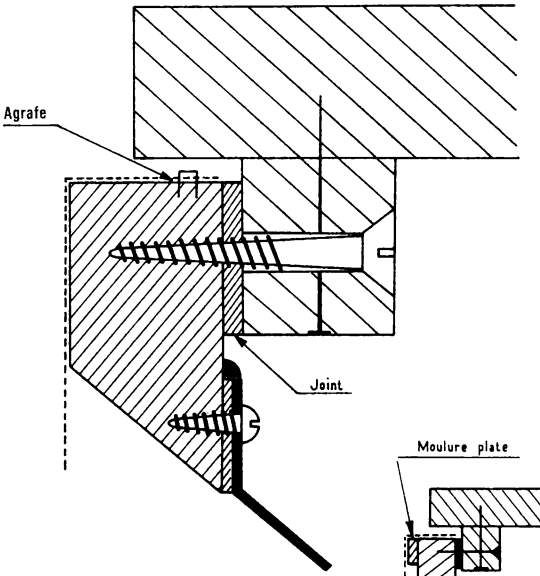


Fig. 45. — La fixation du baffle se fait par l'arrière.

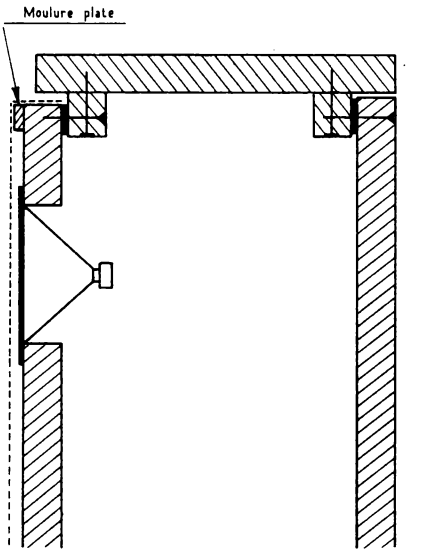


Fig. 46. — Si on fixe le haut-parleur sur l'avant du baffle on fera un petit cadre en moulure plate pour éviter que le haut-parleur ne fasse un renflement sur la toile d'habillage.

On obtient une enceinte terminée suivant la figure 47. On peut aussi habiller le baffle avec des tasseaux carrés de 1 cm espacés d'au moins 1,2 cm comme le montre la figure 48. Dans ce cas les panneaux latéraux débordent davantage vers l'avant. Il faudra en tenir compte pour définir les dimensions de ces panneaux.

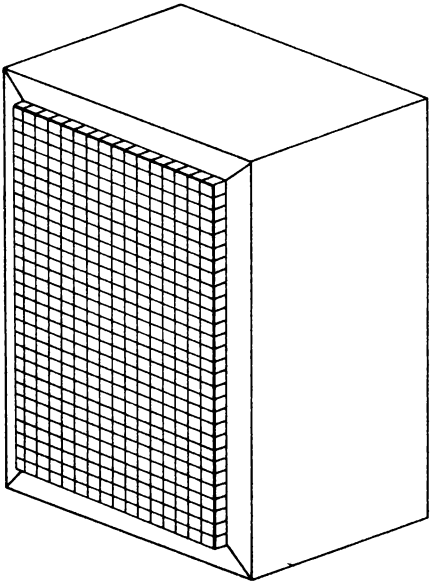


Fig. 47. — Vue de l'enceinte terminée.

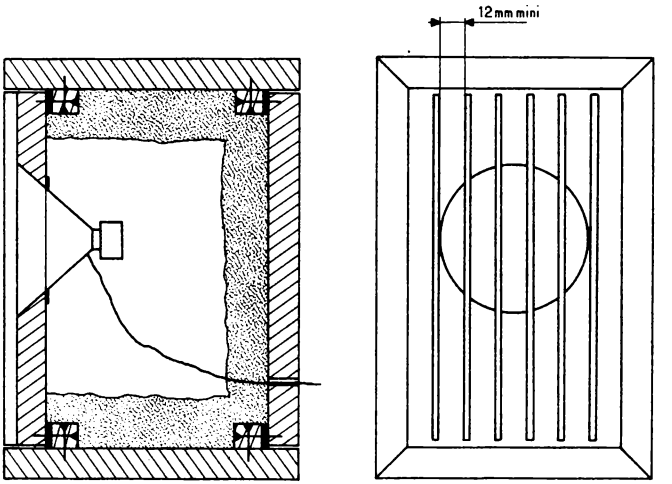


Fig. 48. — Exemple d'habillage d'une façade d'enceinte avec un ensemble de petites lattes de bois.

La figure 49 montre une autre manière. Le baffle est fixé par l'avant ce qui peut présenter un intérêt pour le montage des vis. Ensuite on confectionne un cadre en tasseau rectangulaire de 2 cm × 1,5 cm recouvert de toile comme nous savons déjà le faire (voir fig. 37).

On peut monter ce cadre légèrement dur dans le coffret, ou bien le fixer par l'arrière à l'aide de bande « velcro ».

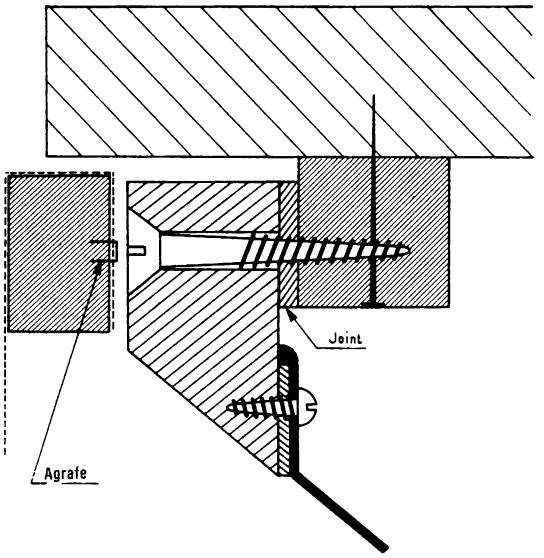


Fig. 49. — Exemple de fixation d'un baffle par l'avant.

Remarque : Les vis de fixation des panneaux ne doivent pas dépasser le diamètre de 4 mm. On peut prendre moins; 3 ou 3,5 mm, par exemple. En effet, des vis de diamètres supérieurs risquent de faire éclater le bois. Pour éviter cela, il est prudent de percer des avant-trous avec une petite vrille.

CHAPITRE VII

EXEMPLES D'ADAPTATIONS

1er exemple

Nous avons une chaîne de musique bon marché de puissance faible, dont la bande passante est peu importante (jusqu'à 17 000 Hz par exemple). Les enceintes sont ultra-légères. Pour améliorer cet appareil on peut construire deux enceintes rigoureusement semblables. On mettra un seul haut-parleur large bande de bonne qualité.

2e exemple

Nous avons acheté au détail un tourne-disque et un amplificateur le tout de très bonne qualité c'est-à-dire avec une large bande passante. Dans ce cas nous pouvons construire des enceintes à 2 ou 3 voies.

Notons que dans le 1er exemple on aurait pu construire des enceintes à 2 ou 3 voies, cela n'aurait pas une grande influence sur l'amélioration car si l'ampli est limité à 17 000 Hz il est inutile de mettre des enceintes allant jusqu'à 25 000 Hz. Mais si l'on envisage de changer plus tard cet ampli faible par un autre supérieur alors on pourra réutiliser ces enceintes. C'est donc avant tout une question de choix à faire suivant les projets envisagés.

Il peut aussi arriver que vous possédiez des haut-parleurs provenant par exemple de couvercles d'électrophone c'est-à-dire qui n'étaient pas logés dans des enceintes. Vous pouvez tenir le raisonnement suivant : « Je vais récupérer ces haut-parleurs et les placer dans une belle enceinte que je vais fabriquer. » Vous pouvez toujours essayer à titre d'expérience. Mais ce sera temps et peine perdus. En effet ces haut-parleurs étaient conçus pour fonctionner à l'air libre;

les monter dans une enceinte, si bien faite soit-elle, n'apportera strictement aucune amélioration.

Les haut-parleurs sont fabriqués dans des buts d'applications bien précises. Par exemple un haut-parleur prévu pour fonctionner en enceinte close ne doit pas être utilisé dans l'atmosphère.

Choisir des haut-parleurs de bonne qualité, en plus des caractéristiques techniques un des éléments variant avec la qualité est le prix. Si un haut-parleur est plus cher qu'un autre à caractéristiques techniques égales c'est que des matériaux différents le composent et justifient ce prix supérieur.

Tout ce que nous venons de voir dans ce livre a été traité pour la stéréophonie qui est l'actualité de notre temps.

Mais tout cela est valable également en monophonie le travail est simplifié puisqu'il n'y a qu'un seul canal.

Il en va de même pour les électrophones. En remplaçant les baffles qui les équipent par des enceintes vous obtiendrez une amélioration sensationnelle du résultat musical. Vous aurez les mêmes problèmes, et les mêmes solutions à apporter, si votre source sonore est constituée par un magnétophone.

Si pour être aux avant-postes du progrès, vous vous intéressez à la quadriphonie ou à la quadri-stéréo, là encore les mêmes règles doivent être appliquées. Mais alors, il vous faut construire 4 enceintes acoustiques identiques.

CHAPITRE VIII

LES KITS

D'après ce que nous avons lu depuis le début de cet ouvrage et les documents des fabricants de haut-parleurs, nous pouvons déterminer les haut-parleurs que nous voulons employer.

On peut se procurer ceux-ci au détail dans les magasins spécialisés. Ou bien on peut s'adresser dans les magasins spécialisés dans la vente des KITS. On y trouve les ensembles de haut-parleurs pour systèmes à 2 ou 3 voies et les condensateurs ou filtres correspondants; ce qui délivrera l'amateur de tout souci.

Les prix de ces KITS sont très compétitifs.

On peut également vous fournir l'ébénisterie complète en KIT; mais il vaut mieux la fabriquer soi-même, c'est de loin meilleur marché. On peut vous fournir seulement le panneau de baffle percé des orifices nécessaires pour les haut-parleurs ce qui est intéressant pour les amateurs que ce travail effraierait. Vous mesurerez d'autant mieux les économies que vous réaliserez si vous vous équipez pour la quadriphonie ou bien la quadri-stéréo car dans ce cas c'est 4 enceintes identiques qu'il vous faudra construire ainsi que nous le verrons plus loin au chapitre « La quadriphonie ».

Voici la partie pratique de notre ouvrage terminée, il reste à exploiter tous les renseignements donnés. N'hésitez pas à vous lancer dans la réalisation de l'enceinte de votre choix. Il n'y a aucune difficulté, respectez bien les grandes règles concernant :

— l'impédance
— la puissance
— l'épaisseur du bois pour éviter les vibrations
— l'étanchéité qui doit être parfaite, mettez du mastic dès qu'un joint vous semble imparfait.

N'ayez aucune crainte en ce qui concerne la qualité musicale.

Votre enceinte terminée rivalisera avec les réalisations équivalentes présentées dans le commerce.

Encore un conseil qui peut vous être utile si vous voulez, plus tard, réutiliser votre enceinte. Au dos, sur une étiquette, inscrivez la puissance, l'impédance et la bande passante.

Et maintenant au travail!

Liste non exhaustive, des principaux fabricants de haut-parleurs

Plutôt que de présenter, sous forme de tableau comparatif, les divers haut-parleurs actuellement sur le marché — tableau qui devrait être mis à jour fréquemment pour tenir compte des nouveaux modèles — nous pensons qu'il est préférable de consulter les documentations des fabricants.

Vous trouverez donc, ci-dessous, classées par ordre alphabétique, les adresses des principaux constructeurs de haut-parleurs. Demandez-leur les documentations concernant les haut-parleurs HI-FI et les enceintes recommandées pour leur utilisation. Avec ces documents sur lesquels vous trouverez les caractéristiques et les tarifs, vous pourrez fixer votre choix.

MARQUES	ADRESSES
AUDAX	45, Av. Pasteur 93106 Montreuil.
CABASSE	182, rue Lafayette, 75010 Paris.
FANE	Musique Industrie, 31-33, rue de Lagny, 94300 Vincennes.
HECO	B.P. n° 29, 41500 Mer.
PEERLESS	A.P. France, 77, bd de Ménilmontant, 75011 Paris.
ROSELSON	Téralec, 51, rue de Gergovie, 75014 Paris.
R.T.C.	La Radiotechnique, 130 Av. Ledru-Rollin, 75540 Paris Cedex 11.
SIARE	17-19, rue Lafayette, 94100 St-Maur-des-Fossés.
SUPRAVOX	46, rue de Vitruve, 75020 Paris.
WARFEDALE	W.E. Supertone, 28 ter, Av. St-Louis, 94210 La Varenne-St-Hilaire.
WIGO	Réditec, 27 ter, rue du Progrès, 93100 Montreuil.

DEUXIÈME PARTIE

PRATIQUE ET THÉORIE DES ENCEINTES ACOUSTIQUES HI-FI

AVANT-PROPOS

Après avoir vu comment construire pratiquement leurs enceintes acoustiques, nombre de lecteurs avides de satisfaire leur curiosité — péché mignon des fans de la HI-FI — se pencheront sur cette seconde partie de l'ouvrage.

Il leur sera montré le parti qu'on peut tirer des enceintes en les groupant, ensuite quelques lignes sur l'utilisation des enceintes en quadriphonie et quadri-stéréo.

Puis nous verrons comment fonctionnent les haut-parleurs. Comment calculer et réaliser les filtres séparateurs de fréquences.

Nous terminerons par quelques considérations sur la disposition des enceintes acoustiques dans le local d'écoute.

CHAPITRE IX

GROUPEMENT D'ENCEINTES ACOUSTIQUES

On peut avoir besoin, à partir de l'amplificateur, de brancher plusieurs enceintes dans la même pièce si elle est très vaste ou encore de sonoriser en plus de la salle de séjour une autre pièce de l'appartement.

Cela est très possible, nous allons examiner trois méthodes :

— En dérivation.
— En série.
— En série-dérivation.

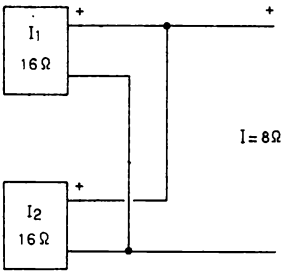


Fig. 50. — Branchement en dérivation de 2 enceintes sur un canal de l'amplificateur.

1re *Méthode. — En dérivation* (voir fig. 50).

L'impédance I de l'ensemble d'un tel branchement se trouve en appliquant la formule :

$$\frac{1}{I} = \frac{1}{I_1} + \frac{1}{I_2} + \dots$$

Dans le cas présent nous admettons avoir des enceintes d'impédances :

$$I_1 = 16\ \Omega \quad I_2 = 16\ \Omega.$$

L'impédance I sera :

$$\frac{1}{I} = \frac{1}{16} + \frac{1}{16} = \frac{2}{16} = \frac{1}{8} = 8\ \Omega.$$

Application. — Supposons que nous possédons un amplificateur de 60 w soit 2 × 30 w d'impédance 8 Ω.

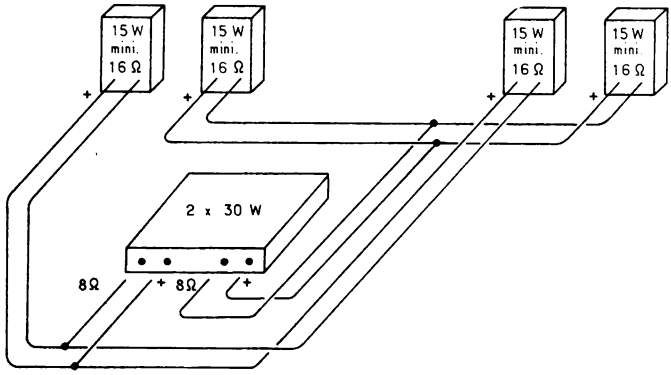


Fig. 51. — Installation d'enceintes branchées en dérivation. Les 2 enceintes de gauche sont par exemple dans la salle de séjour, les 2 enceintes de droite sonorisent une autre pièce.

Le branchement se fera suivant la fig. 51. L'adaptation des impédances est réalisé.

Les puissances des enceintes s'additionnent. En prenant des enceintes de 15 w mini, cela fait 30 w mini, sur chaque canal ce qui est valable. Cependant, si ensuite on débranche une enceinte sur chaque canal, cette puissance de 15 w sera trop faible puisqu'on risque de lui appliquer la puissance de 30 w fournie par l'amplificateur. Il y aurait alors des grands risques pour l'enceinte.

2e *Méthode.* — *En Série* (voir fig. 52).

L'impédance I d'un tel ensemble se trouve en additionnant les impédances de chaque enceinte.

$$I = I_1 + I_2.$$

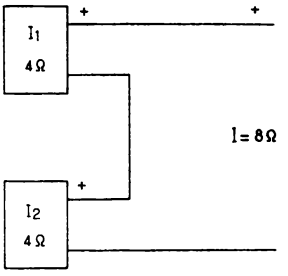


Fig. 52. — Branchement en série de 2 enceintes sur un canal de l'amplificateur.

Dans le cas présent nous admettons avoir des enceintes d'impédance :

$$I_1 = 4\ \Omega \quad I_2 = 4\ \Omega.$$

L'impédance I sera :

$$I = 4 + 4 = 8\ \Omega.$$

Application. — Supposons que nous avons un amplificateur de 60 w soit 2 × 30 w d'impédance 8 Ω.

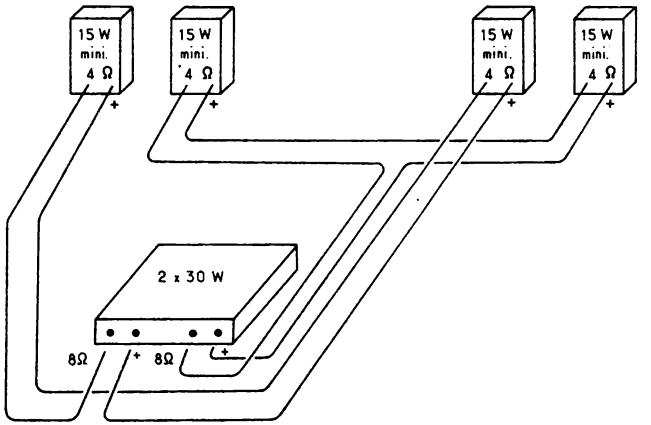


Fig. 53. — Installation d'enceintes branchées en série. Les enceintes de droite sonorisent une pièce, pendant que les enceintes de gauche en sonorisent une autre.

Le branchement se fera suivant fig. 53. L'accord des impédances est bien réalisé.

Au sujet des puissances mêmes règles et observations que dans le montage en dérivation.

3e *Méthode. — En série-dérivation* (voir fig. 54).

Nous admettons avoir des enceintes d'impédandes égales de 8 Ω. I_1 et I_2 sont en série

donc $I_1 + I_2 = 8 + 8 = 16$ Ω. I_3 et I_4 sont en série

donc I_3 et $I_4 = 8 + 8 = 16$ Ω.

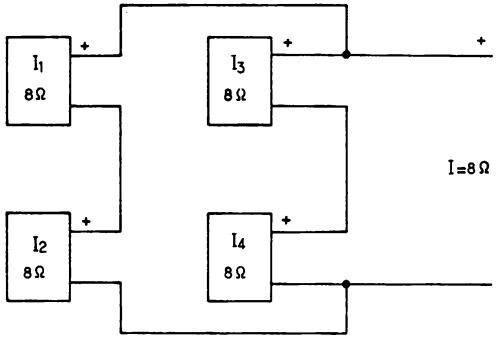


Fig. 54. — Branchement en série-dérivation de 4 enceintes sur un canal d'amplificateur.

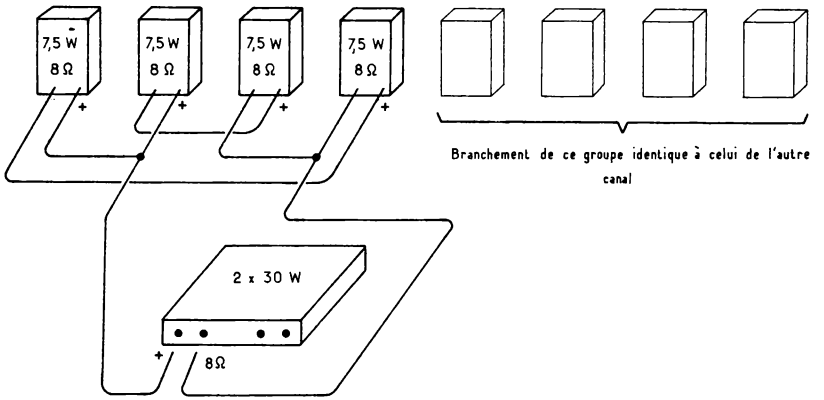


Fig. 55. — Installation d'enceintes en série-dérivation, voilà 8 enceintes actionnées par un seul amplificateur, de quoi sonoriser en sourdine un petit magasin ou un atelier.

Ces deux groupes sont en dérivation il faut donc appliquer maintenant la formule correspondante.

$$\frac{1}{I} = \frac{1}{16} + \frac{1}{16} = \frac{2}{16} = \frac{1}{8} = 8 \ \Omega.$$

Application. — Nous supposons que nous avons toujours le même amplificateur de 60 w soit 2 × 30 w d'impédance 8 Ω.

Le branchement se fera suivant fig. 55. L'accord des impédances est bien réalisé. Les puissances s'additionnent, donc 4 enceintes de 7,5 w absorberont la puissance de 30 w fournie par chaque canal de l'amplificateur.

Notons que dans les trois méthodes nous avons considéré des enceintes. On peut très bien remplacer celles-ci par de simples haut-parleurs. Il faut aussi remarquer que les pièces de l'appartement peuvent être éloignées l'une de l'autre. De ce fait les fils de liaison entre enceintes ou haut-parleurs et amplificateur seront de grande longueur, de l'ordre d'une vingtaine de mètres. Ces fils ont une résistance propre qui s'ajoute à l'impédance des enceintes. Pour éviter une perte de puissance il faudra mettre du fil d'assez gros diamètre. Nous avons câblé les enceintes avec du fil de 9/10, pour les fils de liaison nous adopterons du fil de 12/10.

CHAPITRE X

ADAPTATION D'IMPÉDANCE

Il est possible d'utiliser une enceinte de 8 Ω branchée sur un amplificateur de 16 Ω, mais il faudra intercaler entre ces appareils un transformateur ou brancher en série une résistance de 8 Ω. Malgré tout, c'est une solution peu valable. En effet l'accord d'impédance

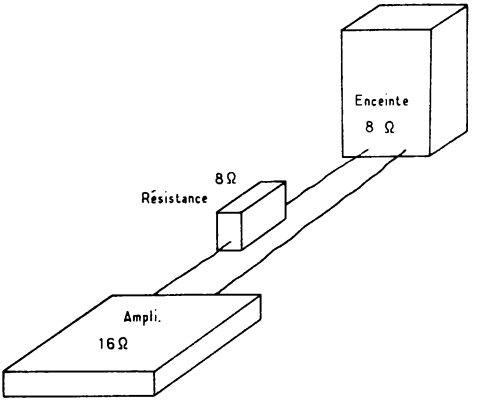


Fig. 56. — Utilisation d'une résistance pour rattrapage d'impédance. Un seul canal a été représenté, c'est bien sûr le même montage pour l'autre canal.

est bien réalisé. Mais la résistance consommera la moitié de la puissance de l'amplificateur. Sur la figure on a représenté un appareil monophonique, bien entendu si on a un appareil stéréophonique il faudra une autre résistance identique. pour la deuxième enceinte.

CHAPITRE XI

LA QUADRIPHONIE

L'histoire de la reproduction musicale est relativement courte puisque ce n'est qu'en 1878 qu'Edison réalisa son phonographe à rouleau (conservé au musée des Arts et Métiers à Paris). Ensuite vinrent les bons vieux phonos à disques 78 tours.

Après la deuxième guerre mondiale ce fut l'apparition des disques microsillons 33 tours qui permit d'accroître considérablement la durée d'audition d'une face de disque et augmentant l'engouement du public.

Parallèlement les amplificateurs, tables de lecture, magnétophones se perfectionnaient, mais on en était toujours au stade de la monophonie (on utilisait 1 enceinte acoustique).

En 1958 la stéréophonie fit son apparition, véritable révolution puisqu'on pouvait reproduire la musique en lui donnant un effet d'espace bi-dimensionnel (on utilisait 2 enceintes acoustiques). Mais les mélomanes désiraient encore mieux. L'idéal en la matière étant la reproduction musicale tri-dimensionnelle recréant l'ambiance sonore de la salle de concert. Les chercheurs penchés sur le problème ont trouvé la solution en mettant au point la quadriphonie qu'on appelle aussi tétraphonie. Cette technique permet la restitution d'un volume sonore avec un effet de présence étonnant en utilisant cette fois-ci 4 enceintes acoustiques.

Les deux principes de la quadriphonie

Actuellement, aucune solution unique d'avenir n'a été décidée, nous allons donc examiner les deux principes en présence en nous gardant bien de prédire lequel sera prépondérant dans le futur.

L'idée de base est la restitution sur 4 enceintes disposées comme le montre la fig. 57 des 4 signaux enregistrés aux 4 coins de l'orchestre sur disques ou bandes magnétiques à 4 canaux.

1er Principe

Dans le 1er principe les disques quadriphoniques, appelés CD4, nécessitent des têtes de lecture spéciales dont la bande passante s'élève au-dessus de 45 000 Hz, un amplificateur avec démodulateur et matrice.

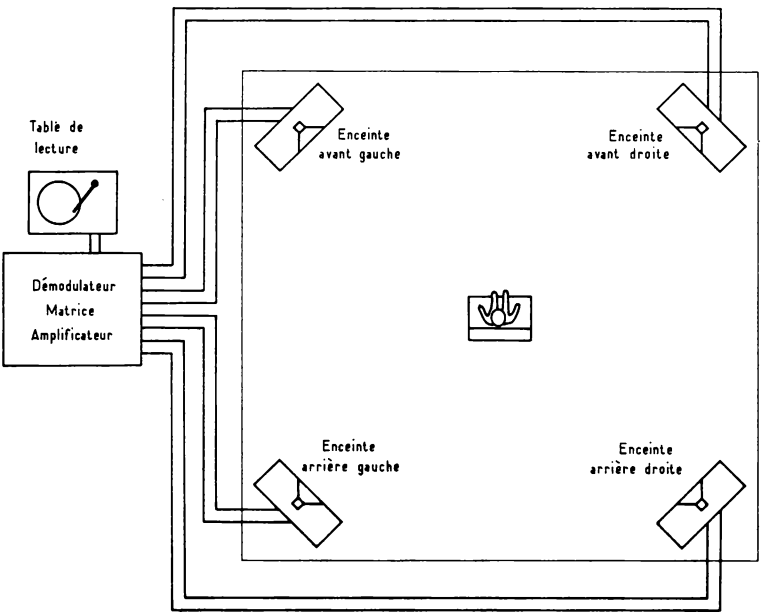


Fig. 57. — Exemple d'installation d'une chaine quadriphonique.

Ouvrons une parenthèse au sujet de ces fréquences élevées. Surtout n'imaginez pas qu'il va falloir fabriquer des enceintes avec des haut-parleurs spéciaux capables de couvrir ces hautes fréquences.

Ces fréquences ultra-sonores inaudibles à l'oreille humaine servent au démodulateur à répartir sur les 4 canaux les signaux qui leur sont destinés. Bien entendu, sur les 4 canaux nous obtiendrons des fréquences normales à l'audition humaine. Comme vous le voyez il suffira de fabriquer 4 enceintes identiques avec des haut-parleurs ordinaires.

2e Principe

Là les disques quadriphoniques, appelés SQ, peuvent être lus avec les têtes de lecture stéréophoniques normales, l'amplificateur étant muni d'un décodeur.

Au point de vue enceintes acoustiques, il faut en construire 4 identiques en suivant les règles d'impédance, puissance etc... Dans les 2 cas on peut utiliser des disques stéréophoniques dont le rendu musical sera considérablement amélioré.

Pour l'instant nous en sommes au début de la commercialisation de ces appareils dont les prix sont encore élevés, et puis les disques quadriphoniques sont rares. D'autre part l'incertitude est totale en ce qui concerne la prépondérance dans l'avenir entre les disques CD4 et SQ.

La quadri-stéréo

Pour les amateurs voulant goûter les joies d'une ambiance musicale tri-dimensionnelle à partir d'une chaîne stéréophonique normale, une solution a été trouvée : c'est la quadri-stéréo. En effet sur les disques stéréophoniques des signaux supplémentaires à ceux nécessaires à la reproduction stéréophonique sont enregistrés, mais les chaînes stéréophoniques sont incapables de les reproduire.

On a donc mis au point un système de matriçage permettant d'exploiter ces signaux existants afin de recréer un volume sonore.

Puisque la stéréophonie donne des informations dans les enceintes gauche et droite, il suffit donc d'ajouter des enceintes devant et derrière l'auditeur.

Cette solution est très intéressante car, dès maintenant, il suffit d'ajouter une boîte de matriçage d'un coût très modique, à n'importe quel amplificateur stéréophonique pour profiter de ce progrès qu'est la quadri-stéréo.

Il faut donc 4 enceintes identiques que l'on construira suivant les règles que nous connaissons. Les enceintes acoustiques sont disposées dans le local d'écoute selon la figure 58.

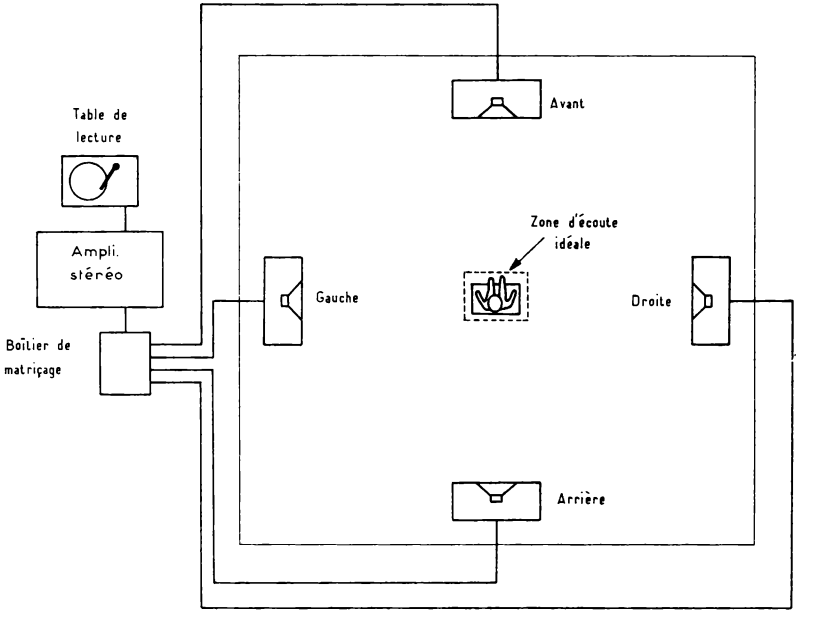


Fig. 58. — Exemple d'installation en quadri-stéréo.

La figure 59 donne une autre disposition possible et la figure 60 indique le schéma de principe du boîtier de matriçage nécessaire. Bien que les résultats auditifs soient corrects, l'inconvénient de ces dispositions vient du fait que la zone d'écoute idéale dans laquelle on profite pleinement de l'audition spatiale, est limitée.

Des essais ont été effectués en supprimant l'enceinte avant et en disposant les trois enceintes restantes suivant fig. 61 et en modifiant le circuit de matriçage. Cette solution apporte une augmentation sensible de la zone d'écoute idéale.

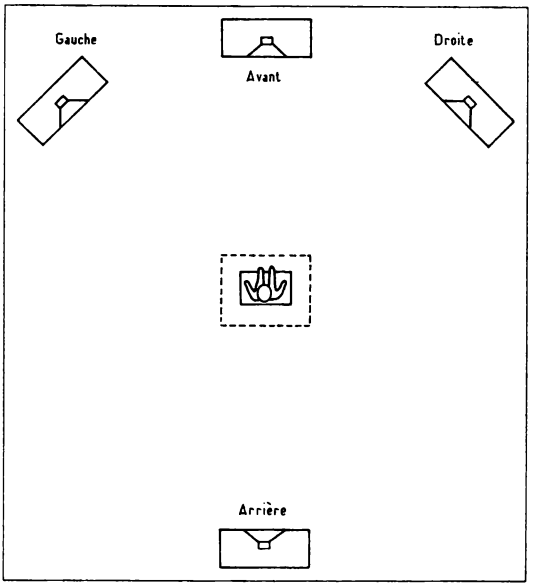


Fig. 59. — Autre exemple d'installation en quadri-stéréo.

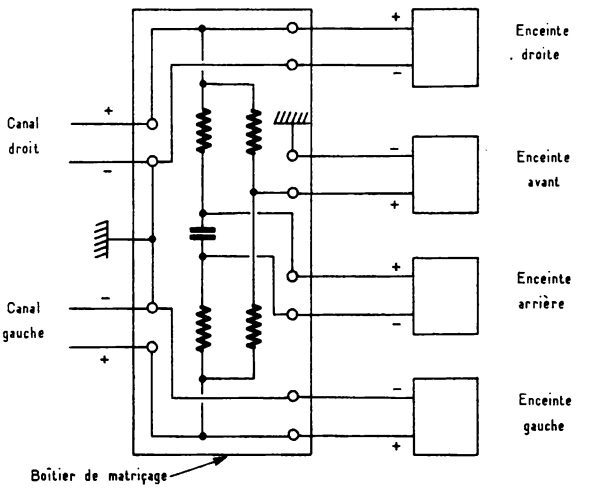


Fig. 60. — Schéma du boîtier de matriçage pour l'installation selon la figure 59.

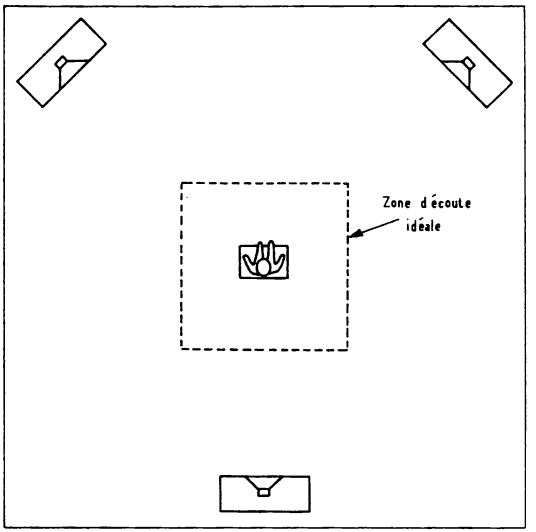


Fig. 61. — Exemple de quadri-stéréo à 3 enceintes acoustiques.

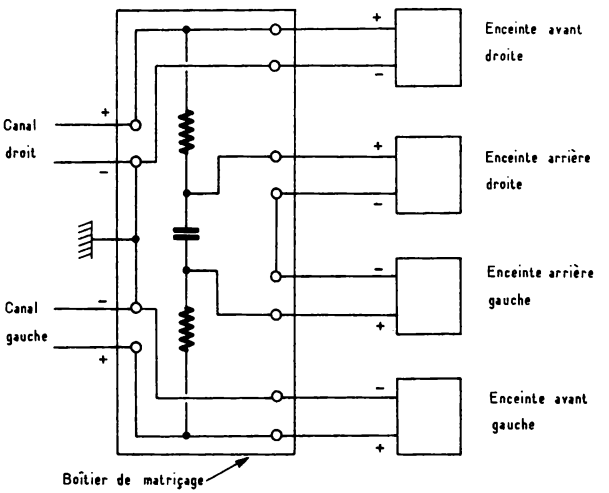


Fig. 62. — Schéma du boîtier de matriçage pour l'installation selon la figure 63.

On a pu améliorer encore ce dispositif en ayant recours cette fois à 4 enceintes acoustiques et en revoyant la boîte de matriçage dont le schéma de principe est donné par la figure 62.

Les 4 enceintes acoustiques sont disposées comme l'indique la fig. 63. La zone d'écoute est plus confortable.

Nous voyons donc que pour chaque disposition différente des enceintes acoustiques il faut intervenir sur la conception de la boîte de matriçage.

Il y a donc un ensemble de 4 enceintes acoustiques semblables à fabriquer en accord avec les impédances et puissances recommandées. Dans ces installations il faut respecter scrupuleusement les conditions de polarités de raccordement.

L'utilisation d'un synthétiseur de fréquence

L'idée de base est qu'il manque à la reproduction stéréophonique l'effet de salle dû aux réflexions des ondes sonores sur les murs lors de l'enregistrement.

Grâce, en particulier, à un synthétiseur on parvient, au moyen d'artifices électroniques, à créer cet effet à partir d'un enregistrement stéréophonique.

On peut également obtenir des effets spéciaux. En plus le déplacement des enceintes acoustiques est possible. Par exemple si on dispose les enceintes acoustiques suivant figure 63, l'auditeur aura l'impression de se trouver dans la salle de concert. Par contre si on adopte la disposition suivant figure 64, l'auditeur aura l'impression de se trouver au premier rang des fauteuils d'orchestre. Ce procédé, bien que donnant des résultats satisfaisants, reste critiquable quant à ce qui est de l'authenticité de la musique ainsi arrangée électroniquement.

En résumé il ne faut pas confondre :

— La quadriphonie qui est une technique permettant de transmettre sur 4 canaux des sons enregistrés sur 4 canaux.

— La quadri-stéréo qui, elle, retransmet sur 4 canaux des sons enregistrés sur 2 canaux.

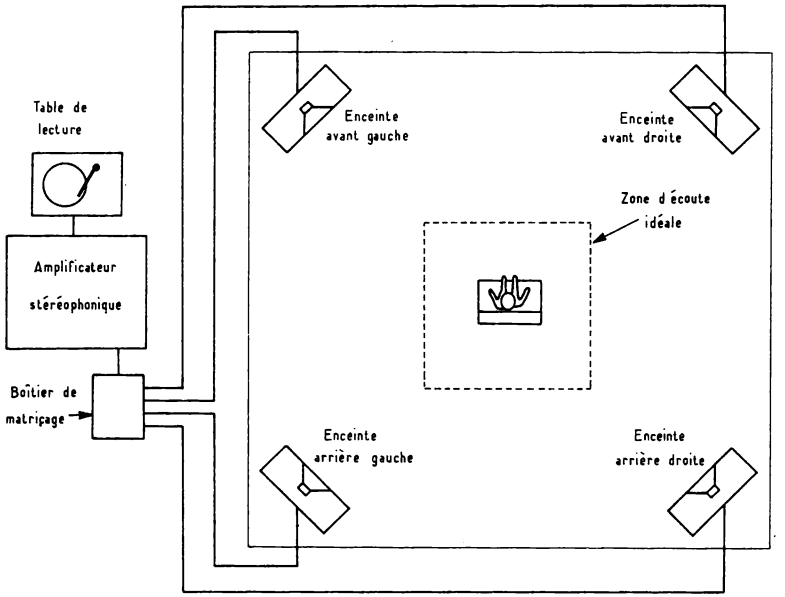


Fig. 63. — Installation en quadri-stéréo. La zone d'écoute idéale est sensiblement plus importante que dans les installations quadri-stéréo précédentes.

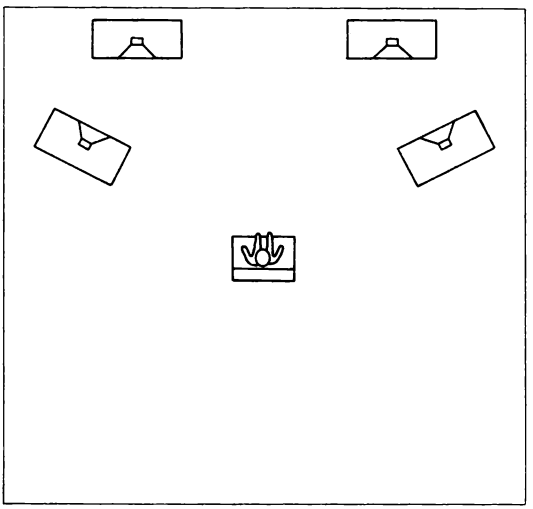


Fig. 64. — Disposition permise dans le système avec synthétiseur.

Bien entendu, sur tous ces appareils on peut jouer des disques ou bandes magnétiques quadriphoniques, stéréophoniques ou monophoniques. Un des grands impératifs dans ces fabrications étant la compatibilité de tous les procédés existants. Il va de soi qu'un disque monophonique passé sur une chaîne quadriphonique ne donnera pas le même résultat qu'un disque quadriphonique! Tout comme un disque quadriphonique passé sur une chaîne stéréophonique normale ne rendra qu'une audition stéréophonique.

CHAPITRE XII

LE HAUT-PARLEUR

Étudions les haut-parleurs utilisés en HI-FI. Ils sont du type électrodynamique et constitués par : (voir fig. 65) :

— Un saladier ou corps ajouré pour que l'air ne freine pas le mouvement de la membrane dans les sons graves.

— Une membrane de forme conique en pulpe cellulosique suspendue de façon souple, à sa périphérie par la suspension externe, en son centre par la suspension interne ou spider, de façon à permettre son déplacement.

— Une bobine mobile attachée au centre de cette membrane. Cette bobine est constituée par un certain nombre de spires de fil qui sont alimentées par le courant venant de l'amplificateur.

— Un puissant aimant permanent de forme annulaire généralement en ticonal. La culasse, le noyau et la flasque entrefer sont en acier doux de façon à offrir le minimum de résistance aux lignes d'induction de l'aimant.

C'est la bobine mobile qui actionnera la membrane, cette bobine doit être très bien centrée dans l'entrefer tout en étant très libre longitudinalement.

Les cosses à souder sont fixées sur le saladier, elles sont raccordées à la bobine mobile par des conducteurs souples de façon à ne pas entraver le déplacement de la membrane.

Fonctionnement du haut-parleur

Le rôle du haut-parleur est de transformer en énergie acoustique l'énergie électrique fournie par l'amplificateur.

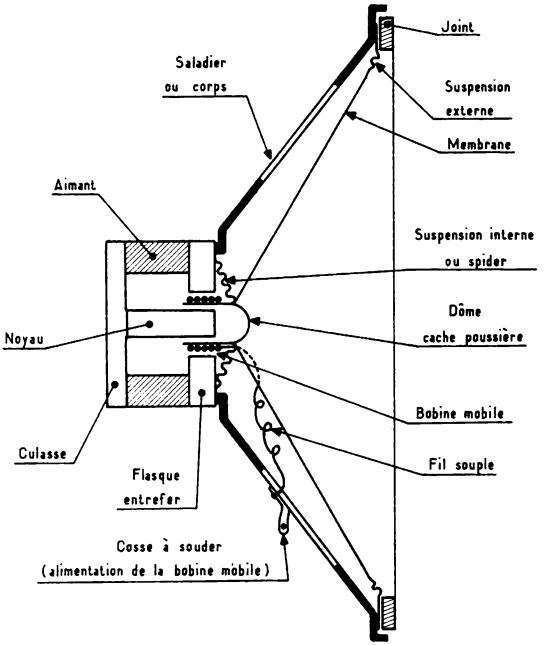


Fig. 65. — Coupe schématique montrant les principales pièces constitutives d'un haut-parleur électrodynamique.

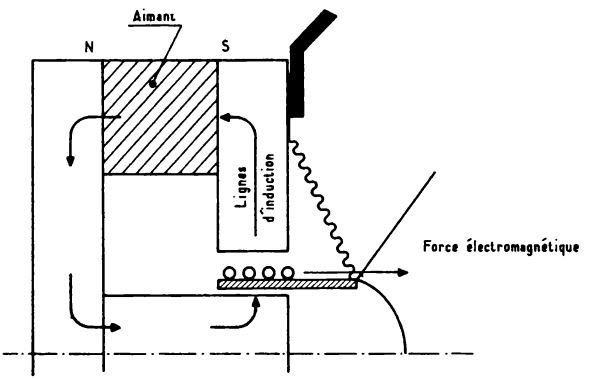


Fig. 66. — La force électromagnétique du courant induit fait mouvoir la bobine perpendiculairement au champ magnétique de l'aimant.

Cette transformation s'effectue en deux temps. Tout d'abord l'énergie électrique est transformée en énergie mécanique qui provoque le mouvement longitudinal de la bobine mobile placée dans l'entrefer de l'aimant.

Ensuite la membrane entraînée par la bobine dont elle est solidaire modifie la pression de l'air ambiant d'où création d'énergie acoustique.

Lorsque la bobine mobile, placée dans le champ magnétique radial de l'aimant, sera parcourue par le courant provenant de l'amplificateur elle sera soumise à une force électromagnétique qui la fera se déplacer longitudinalement (voir fig. 66).

C'est l'application de la règle de *Fleming* (dite des 3 doigts de la main droite), qui dit qu'un conducteur traversé par un courant électrique et placé dans un champ magnétique sera soumis à une force électromagnétique déplaçant le conducteur dans le sens perpendiculaire au plan formé par la direction du courant électrique et la direction des lignes d'induction du champ magnétique.

Pour que ces conditions soient réalisées il faut que les spires de la bobine mobile soient absolument parallèles entre elles et perpendiculaires à l'axe du haut-parleur (voir fig. 67).

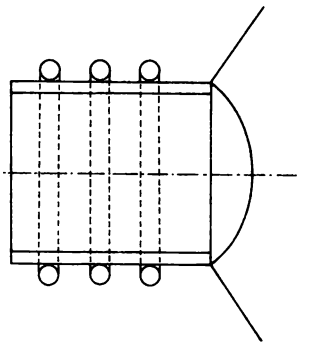


Fig. 67. — Les spires de la bobine mobile doivent être parallèles entre elles.

Si les spires étaient de travers (voir fig. 68), lors du passage du courant, elles tendront à se mettre dans le plan des lignes d'induction de ce fait l'équipage bobine mobile-membrane se mettrait de travers interdisant le fonctionnement correct du haut-parleur (voir fig. 69).

Puisque le courant est alternatif, le sens de la force électromagnétique sera également alternatif et nous obtiendrons bien le mouvement en avant et en arrière de la membrane.

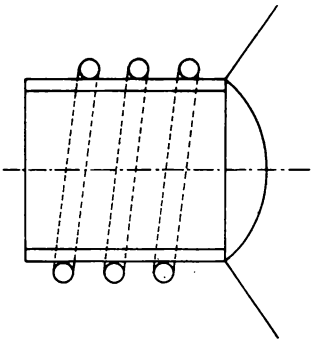


Fig. 68. — Mauvais montage des spires sur la bobine mobile.

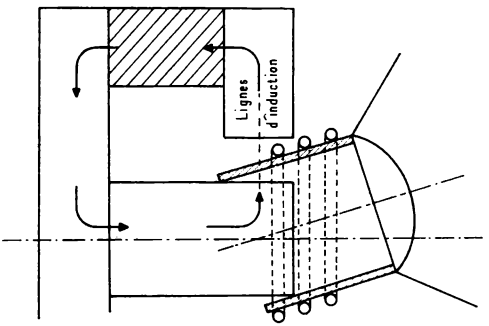


Fig. 69. — Voilà ce qui arrivera lorsque la bobine mobile avec ses spires de travers sera montée dans le champ magnétique de l'aimant. Les spires tendront a se mettre dans le sens des lignes d'induction, la bobine se mettant de travers, le haut-parleur ne fonctionnera pas correctement.

Nous constatons aussi que la bobine mobile et la membrane pèsent un certain poids et présentent donc une certaine inertie. Pour vaincre cette inertie il faudra un courant électrique d'une certaine puissance. C'est la raison pour laquelle un amplificateur de faible puissance aura des difficultés à actionner un haut-parleur de forte puissance qui sera équipé d'un ensemble bobine mobile-membrane trop lourd.

D'autre part dans le système aimant-bobine va exister un courant induit proportionnel à la vitesse du déplacement de la bobine, à la longueur des spires incluses dans le champ magnétique et au champ magnétique lui-même. Le sens de ce courant est donné par la loi de *Lenz* : « Le sens du courant induit est tel que le flux qu'il crée s'oppose à la variation du flux inducteur. » Si la bobine se déplace

d'avant en arrière le courant induit tendra à la déplacer dans le sens inverse. Il s'agit là d'un freinage électrique qui sera d'autant plus grand que le champ d'induction et le courant induit seront importants.

La résonance basse ou résonance principale

Nous avons déjà vu plus haut que l'ensemble bobine mobile-membrane représentait une certaine inertie du fait de son poids. A cela il faut aussi ajouter des forces élastiques dues à la suspension souple de la membrane.

Lorsque le haut-parleur fonctionne, il se produit à une certaine fréquence, que ces forces s'annulent et donnent naissance à une résonance. A ce moment la membrane est soumise à une amplitude anormale ce qui a pour effet de déformer le son à la fréquence à laquelle cette résonance se produit.

On cherche donc à avoir cette fréquence, le plus bas possible, en dehors de la bande passante du haut-parleur. Ce qui se fait pratiquement.

Fonctionnement du haut-parleur aux diverses fréquences

Pour reproduire les fréquences basses ou graves (jusqu'à 500 Hz) l'ensemble bobine mobile-membrane se déplacera d'un seul bloc avec de grandes amplitudes. On dit que le haut-parleur fonctionne en piston. La membrane doit être souple et de grand diamètre pour permettre la restitution des sons graves, les plus bas possible.

Pour reproduire les médiums (de 500 à 3 000 Hz), seule la membrane vibrera dans son ensemble.

Pour la reproduction des aigus (au-dessus de 3 000 Hz) la vibration de la bobine étant de très courte amplitude, une petite partie centrale près du sommet du cône vibrera; la membrane doit être assez raide. Si la membrane est trop souple on y remédie en vernissant la partie centrale destinée aux aigus.

On voit tout de suite que les impératifs sont opposés : grande souplesse et grand diamètre pour les graves. Raideur et petit diamètre pour les aigus. Il y a donc de grandes difficultés à réaliser un haut-parleur capable de couvrir une bande passante très étendue

dans des conditions idéales de reproduction. Cela peut se faire mais à prix très élevé. Pratiquement on s'en tient à un compromis : la bande passante est réduite tout en assurant une reproduction correcte de la bande passante admise. Par exemple puisqu'il est très difficile de fabriquer un haut-parleur ayant une bande passante de 20 Hz à 25 000 Hz on en construira un couvrant 40 Hz à 18 000 Hz dans de bonnes conditions.

D'où la nécessité, pour obtenir correctement une bande passante de 20 Hz à 25 000 Hz, d'avoir recours à un ensemble de haut-parleurs spécialisés chacun dans la reproduction d'une partie de la bande passante, en leur adjoignant des filtres séparateurs de fréquences. (Revoir dans la première partie de l'ouvrage le chapitre consacré au haut-parleur).

Notons que l'induction s'exprime en Tesla (T). Cette unité remplace le Gauss (G). La correspondance est : 1T = 10 000 G. La valeur de cette induction est donnée dans les catalogues des fabricants de haut-parleurs. On y trouvera également indiqué la fréquence de résonance.

On peut dire qu'à diamètres et impédances égaux, le meilleur haut-parleur sera celui qui aura la plus grande induction et la plus basse fréquence de résonance.

Fonctionnement acoustique

Nous avons examiné les fonctionnements électrique et mécanique du haut-parleur. Nous allons maintenant voir ce qui se passe sur le plan acoustique.

Tout d'abord, nous savons que le son ou les ondes sonores se propagent dans l'air à la vitesse de 340 mètres par seconde. D'autre part la fréquence est le nombre de vibrations par unité de temps dans un phénomène périodique,

par exemple 30 Hz = 30 vibrations par seconde.

La longueur d'onde est le trajet effectué par l'onde pendant une période. La période est le temps de la vibration. Reprenons notre fréquence de 30 Hz. La période sera donc $\frac{1}{30}$ de seconde. Ce qui nous donnera une longueur d'onde $= \frac{340}{30} = 11{,}33$ mètres.

Imaginons que nous ayons à notre disposition un haut-parleur de 25 cm de diamètre ce qui nous fera une longueur de génératrice du cône de la membrane de 13,5 cm. Nous allons lui appliquer cette fréquence de 30 Hz.

La membrane va se déplacer longitudinalement. Le temps du déplacement en avant est d'un quart de période. Le trajet effectué par l'onde pendant ce temps sera : $\frac{11{,}33}{4} = 2{,}88$ m. La membrane en se déplaçant vers l'avant créera une surpression à l'avant en même temps qu'une dépression à l'arrière. Le seul obstacle entre ces deux zones est la membrane.

Nous voyons que la longueur de 2,88 m est bien supérieure à l'obstacle de 13,5 cm présenté par la membrane. Ce qui veut dire que l'onde émise à l'avant va très vite se retrouver au contact de l'onde émise à l'arrière. Ces ondes s'annuleront plus ou moins complètement en un point de l'espace. C'est ce qu'on appelle le court-circuit acoustique (voir fig. 70).

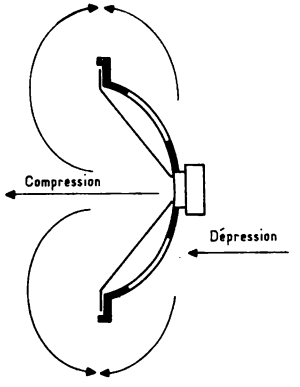


Fig. 70. — Le court-circuit acoustique. Les ondes avant du haut-parleur contournent le saladier.

Si maintenant à ce haut-parleur de 25 cm de diamètre nous appliquons une fréquence de 25 000 Hz nous aurons une période de $\frac{1}{25\,000}$ de seconde, la longueur d'onde sera :

$\frac{340}{25\,000} = 0{,}013$ m soit 1,3 cm. Le trajet effectué pendant le temps

du déplacement en avant de la membrane sera :

$\frac{1,3}{4} = 0,325$ cm. Nous constatons donc qu'à cette fréquence la longueur de la génératrice du cône de la membrane qui est 13,5 cm est très suffisante pour éviter le court-circuit acoustique.

Ceci démontre également que pour les fréquences élevées une membrane de petit diamètre est suffisante.

On peut donc imaginer, si l'on veut descendre jusqu'à 30 Hz, pour supprimer le court-circuit acoustique d'employer un panneau carré qui aurait : 2,88 m $\times$ 2 = 5,76 m de côté minimum, suffisamment épais pour ne pas vibrer.

C'est ce qu'on appelle un baffle plan (voir fig. 71).

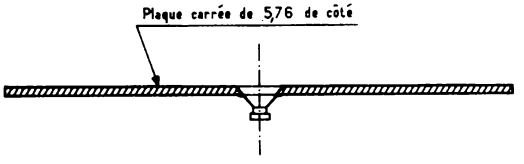


Fig. 71. — Baffle plan permettant d'éviter le court-circuit acoustique. Les dimensions de la plaque seront d'autant plus grandes que la fréquence minimum choisie sera plus basse.

On peut également envisager de loger le haut-parleur dans un mur ou dans une cheminée, on réalise alors un baffle infini. Les résultats musicaux sont excellents. Malheureusement ces installations ne sont pas facilement réalisables dans les appartements. On a donc apporté une solution pratique en enfermant le haut-parleur dans un coffret appelé enceinte acoustique. De cette façon l'onde avant ne peut être en contact avec l'onde arrière et le court-circuit acoustique est évité.

CHAPITRE XIII

FONCTIONNEMENT DES ENCEINTES ACOUSTIQUES

Iº) L'enceinte close

Comme nous venons de le voir l'enceinte évite la formation du court-circuit acoustique, mais d'autres phénomènes vont intervenir du fait de l'existence de cette enceinte.

Examinons ce qui se passe dans une enceinte close, donc complètement hermétique.

Lorsque le haut-parleur fonctionne sur une basse fréquence, nous savons que la membrane a un mouvement de grande amplitude. Lorsqu'elle se déplace vers l'avant elle ébranle l'air ambiant, lorsqu'elle se déplacera vers l'arrière elle va se trouver freinée par l'air enfermé dans le coffret étanche de l'enceinte. Cet air va se trouver comprimé.

Pour que la membrane effectue la course nécessaire à la reproduction des fréquences basses, il faudra appliquer un supplément de puissance sur la bobine mobile, pour vaincre les effets de ce freinage pneumatique; d'où un surcroît de puissance de l'amplificateur, ce qui ne pose aucun problème aujourd'hui, avec les amplificateurs à transistors. On dit donc que le rendement des enceintes closes est faible aux basses fréquences.

Les fabricants de haut-parleurs pour enceintes closes indiquent dans leurs catalogues les volumes mini. et maxi. de l'enceinte compatible avec un haut-parleur déterminé. Il faut respecter ces indications, on se tiendra aux alentours du volume maxi. pour obtenir le meilleur rendement possible dans les sons graves.

Si on dépasse le volume maxi., la membrane du haut-parleur sera insuffisamment freinée pneumatiquement et on risque d'augmenter le niveau de résonance basse du haut-parleur.

On peut facilement réduire quelque peu le volume d'une enceinte terminée si le besoin s'en fait sentir à l'essai. Il suffit de mettre du sable, qu'on logera dans un sac, à la partie inférieure de l'enceinte. Cela fera du poids supplémentaire, mais réduira le volume intérieur de quelques dm^3. On peut aussi remplacer le sable par des briques (dans ce cas pas besoin de sac!).

D'autre part les allées et venues de la membrane vont mettre en mouvement l'air à l'intérieur de l'enceinte et les ondes produites, après avoir été réfléchies par les parois vont venir perturber le fonctionnement normal de la membrane. Il faut donc amortir et supprimer autant que possible ces ondes parasites. C'est pour les éliminer qu'on fixe sur toutes les parois intérieures (sauf celle sur laquelle est fixé le haut-parleur) un matériau absorbant. La laine de verre en matelas de 3 à 5 cm d'épaisseur donne d'excellents résultats.

En plus le coffret lui-même est soumis aux effets de toutes ces ondes indésirables surtout à fort niveau d'écoute. Pour éviter qu'il ne vibre et produise une résonance désagréable il faut le construire en matériau le plus inerte possible.

On peut penser, au ciment, au plâtre, au sable inséré entre deux parois de bois qui offrent des caractéristiques d'inertie intéressantes, mais vu le poids et la difficulté matérielle de réaliser des coffrets avec ces matériaux on est conduit pratiquement à utiliser le bois.

Le Novopan constitué de fines particules de bois collées sous pression convient parfaitement. Il ne faut pas lésiner sur l'épaisseur des panneaux de façon à éviter tout risque de vibration. Pour les enceintes volumineuses, on renforcera avec des tasseaux.

Ne pas employer des planches de bois massif, dans le temps le bois travaille et va même jusqu'à se fendiller, dans ce cas l'étanchéité du coffret ne serait plus assurée.

Le contreplaqué, s'il est bien fabriqué peut convenir. Il est constitué de plusieurs fines plaques de bois collées ensemble, s'il y a des défauts de fabrication qui ne sont pas apparents, par exemple collage défectueux de certaines parties des plaques entre elles, l'enceinte acoustique construite avec ce matériau défectueux vibrera à certaines fréquences.

Nous avons vu que dans l'enceinte close, les ondes arrières sont perdues, que la membrane est freinée pneumatiquement d'où rendement faible aux basses fréquences où la membrane a un mouvement de grande amplitude. On peut améliorer ce rendement en

adjoignant au haut-parleur principal un haut-parleur passif, appelé aussi radiateur ou encore radiateur passif.

Ce radiateur est un haut-parleur sans moteur (le moteur étant l'ensemble bobine mobile-aimant).

Lorsque la membrane du haut-parleur principal se déplace en arrière elle comprime l'air enfermé dans l'enceinte et cet air va venir pousser vers l'avant la membrane du radiateur qui joue donc là le rôle de soupape de décompression. On obtient donc une diminution du freinage pneumatique ce qui accroît le rendement dans les fréquences basses.

Si vous construisez une enceinte avec radiateur vous pourrez vérifier ceci en appuyant à la main sur la membrane du haut-parleur principal vous verrez la membrane du radiateur passif se déplacer immédiatement vers l'avant (voir fig. 72). Notons que le radiateur doit avoir le même diamètre que le haut-parleur principal appelé aussi haut-parleur actif.

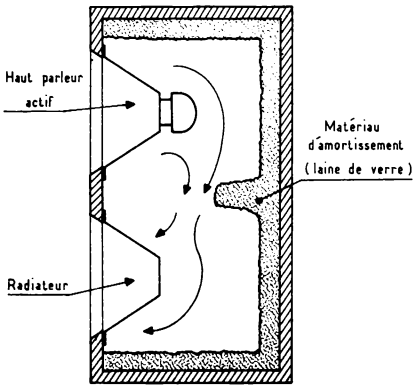


Fig. 72. — Enceinte close équipée d'un radiateur passif. Les ondes arrières du haut-parleur principal se décompressent en actionnant la membrane dans les sons graves.

Remarquons aussi que les haut-parleurs pour enceintes closes ont été étudiés pour travailler dans de telles enceintes et ne doivent pas être installés dans des enceintes d'autres types : bass réflex, labyrinthes, etc...

2°) L'enceinte bass-réflex

On a pensé à utiliser l'onde arrière du haut-parleur en pratiquant sur une des parois de l'enceinte un orifice calibré de section ronde,

carrée ou rectangulaire appelé évent, et même dans certains cas, à lui adjoindre un tube, qu'on appelle tunnel d'accord.

Par cet orifice ou tunnel, l'air comprimé lors de la course arrière de la membrane, se trouvera décomprimé et on obtiendra une diminution du freinage pneumatique. D'où accroissement du rendement aux fréquences basses. C'est le principe de l'enceinte bass-réflex. Bien entendu il faut toujours tapisser les parois intérieures avec un matériau absorbant pour obtenir l'amortissement correct des ondes arrières du haut-parleur (voir fig. 73.)

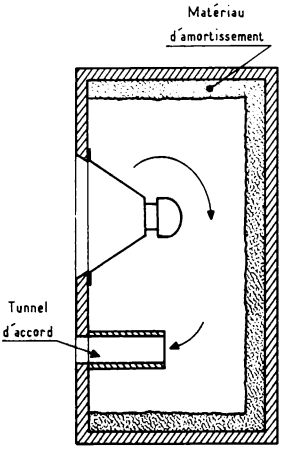


Fig. 73. — Enceinte bass-réflex. La décompression se fait par le tunnel d'accord qui doit être soigneusement déterminé.

L'inconvénient de l'enceinte bass-réflex est le calcul et la réalisation de l'évent qui doit être bien calibré, d'autre part elle favorise les sons bas ce qui n'en rend pas son écoute très agréable pour tout le monde.

En plus de cela à diamètres de haut-parleurs égaux l'enceinte bass-réflex sera plus volumineuse que l'enceinte close.

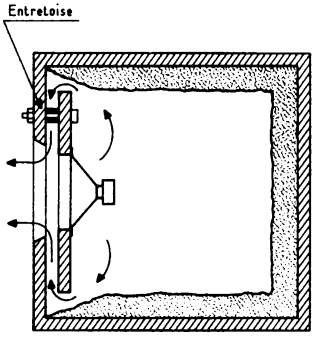
D'autres systèmes d'enceintes ont été étudiés pour parvenir au même but, c'est-à-dire freiner les ondes arrières tout en décomprimant l'air afin d'accroître le résultat dans les fréquences basses. On peut citer par exemple l'enceinte à labyrinthes où l'air est obligé de parcourir un certain circuit (voir fig. 74).

On voit tout de suite les difficultés de réalisation d'une telle enceinte, il faut obtenir une parfaite étanchéité des déflecteurs inté-

rieurs, il faut aussi les placer au bon endroit et pour cela il faut prévoir des possibilités de réglage si on veut parvenir à un bon résultat.

On peut citer l'enceinte à décompression laminaire ou baffle compensé, appelée encore enceinte R.J. initiales des noms des inventeurs : *Robbins et Joseph.* Le haut-parleur est fixé sur un panneau séparé de la paroi de l'enceinte par des entretoises (voir fig. 75).

Fig. 74. — Enceinte à Labyrinthes. L'air se décomprime en effectuant un circuit à travers un chicanage déterminé.



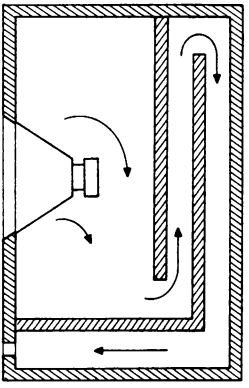


Fig. 75. — Enceinte à décompression. On utilise un baffle, fixé par plusieurs entretoises réglables, pour obtenir une décompression laminaire.

Tous ces modèles sont de moins en moins utilisés et à l'heure actuelle les enceintes closes en raison de leur facilité de construction, de leur encombrement moindre, de leur restitution fidèle de la gamme de fréquences sont, de loin, les plus nombreuses et les plus vendues sur le marché.

CHAPITRE XIV

LES FILTRES

Il est très difficile de reproduire fidèlement une vaste bande passante sur un seul haut-parleur. Pour obtenir une reproduction sonore de qualité on a recours à un ensemble de 2 ou 3 haut-parleurs. Chacun étant destiné à reproduire correctement une gamme de fréquences différente de celles des autres.

Le filtre séparateur de fréquences répartira les fréquences allouées à chaque haut-parleur.

Examinons ce qui se passe dans un système à deux voies, constitué par un haut-parleur large bande couvrant 40 à 18 000 Hz associé à un tweeter de 2 000 à 20 000 Hz. Admettons que la fréquence de coupure choisie se situe à 5 000 Hz (on dit également fréquence de raccordement).

Il va falloir aussi que toute la gamme sonore soit reproduite à un niveau de puissance égal. Il faudrait donc que l'un des haut-parleurs fonctionne immédiatement à la fréquence où l'autre va s'arrêter. Cela est techniquement irréalisable. Il faudra donc, que sur une certaine gamme de fréquences, voisine de la fréquence de coupure, les deux haut-parleurs fonctionnent ensemble sans qu'il y ait élévation du niveau de puissance.

Ce qui veut dire que, lorsque le tweeter commencera à fonctionner aux environs de la fréquence de coupure, le niveau du haut-parleur principal décroîtra pour s'arrêter lorsque le tweeter aura atteint le niveau général. On voit sur la fig. 76 l'application de cette théorie.

On constate que le haut-parleur principal fonctionnera de 40 à 6 000 Hz, le niveau de puissance commençant à décroître à 4 000 Hz. A cette fréquence le tweeter entre en action pour atteindre le niveau général à 6 000 Hz. La zone de travail de 4 000 à 6 000 Hz est commune aux deux haut-parleurs.

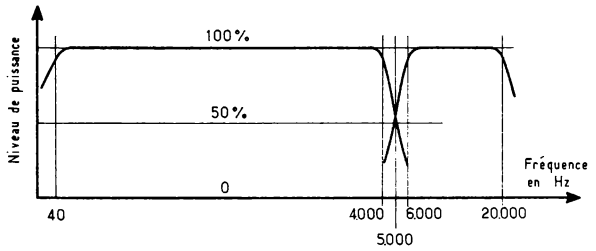


Fig. 76. — Système à 2 voies. Sur ce graphique on voit que la puissance du h.p. principal décroit de 4 000 à 6 000 Hz ; tandis que pendant le même temps la puissance du tweeter croît ; ce qui permet d'avoir une réponse linéaire de 100 % de puissance de 40 à 20 000 Hz.

Il se passera exactement la même chose dans un système à 3 voies constitué par exemple d'un boomer de 30 à 3 000 Hz. d'un médium de 500 à 6 000 Hz, et d'un tweeter de 2 000 à 22 000 Hz avec des fréquences de coupure à 500 et 4 000 Hz.

Nous obtiendrons un diagramme comme fig. 77.

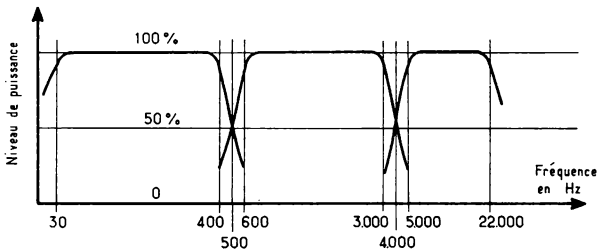


Fig. 77. — Système à 3 voies. On voit que la h.p. grave décroît de 400 à 600 Hz tandis que pendant ce temps la puissance du médium croît pour redescendre entre 3 000 et 5 000 Hz alors que le tweeter monte en puissance. Ce qui permet d'obtenir une réponse linéaire à 100 % de puissance de 30 à 22 000 Hz.

Les zones de travail communes étant de 400 à 600 Hz entre le boomer et le médium 3 000 à 5 000 Hz entre le médium et le tweeter.

Une enceinte avec de bons haut-parleurs permet d'obtenir une courbe de réponse fidèle sur à peu près 9 octaves : de 30 à 60 Hz,

60 à 120, 120 à 240, 240 à 480, 480 à 960, 960 à 1 920, 1 920 à 3 840, 3 840 à 7 680, 7 680 à 15 360, 15 360 à 30 720.

Un filtre qui ne laisse passer que les fréquences inférieures à la fréquence de coupure s'appelle « passe-bas ».

Un filtre qui ne laisse passer que les fréquences supérieures à la fréquence de coupure s'appelle « passe-haut ».

On caractérise un filtre par l'atténuation de puissance qu'il procure, elle s'exprime en décibels par octave. Avec une atténuation de 6 db/octave, chaque fois que la fréquence est doublée, c'est-à-dire une octave, l'atténuation de puissance sera de 75 %.

Par exemple avec un système à 2 voies d'une puissance de 10 w avec fréquence de coupure à 1 000 Hz on aura : 10 w à 4 000 Hz, 2,5 w à 8 000 Hz, et 0,625 w à 16 000 Hz.

Une atténuation de 6 db/octave n'est donc pas très importante. On peut préférer une atténuation de 12 db/octave, on aura une chute de puissance quatre fois plus rapide, soit 10 w à 4 000 Hz, 0,625 w à 8 000 Hz et 0,155 w à 16 000 Hz.

Deux accessoires permettent de réaliser les filtres :

— Le condensateur appelé aussi capacité. Il peut être en papier ou plastique métallisé, de prix assez élevé. Si on désire meilleur marché on prendra des condensateurs électrolytiques non polarisés c'est-à-dire qu'on peut les brancher dans n'importe quel sens.

La valeur d'un condensateur s'exprime en micro-Farad (μF).

— La Self ou inductance, qui est une bobine de fil émaillé de forte section 12/10, enroulé sur un mandrin en matière isolante. La valeur d'une self s'exprime en milli Henry (mH).

Divers systèmes de filtres à 2 voies — Filtres donnant une atténuation de 6 dB/octave

La plus simple solution, donnant d'excellents résultats avec de bons haut-parleurs consiste à utiliser le montage de la figure 78. Il faut employer des haut-parleurs d'impédances identiques. On met un condensateur de 12 μF en série avec le tweeter.

L'impédance d'un condensateur diminue proportionnellement à la fréquence. On sait aussi que le condensateur n'a pratiquement plus d'influence à partir du moment où son impédance atteint le

1/4 de l'impédance du haut-parleur. Dans notre montage la fréquence de coupure est 1 000 Hz, l'impédance de la capacité à cette fréquence sera $\frac{16}{4} = 4\,\Omega$. Elle sera à 2 000 Hz de 2 Ω; à 4 000 Hz de 1 Ω; à 8 000 Hz de 0,5 Ω. On voit bien ainsi que l'impédance du condensateur décroît lorsque la fréquence augmente, donc les fréquences aiguës vont passer librement pour alimenter le tweeter à plein rendement.

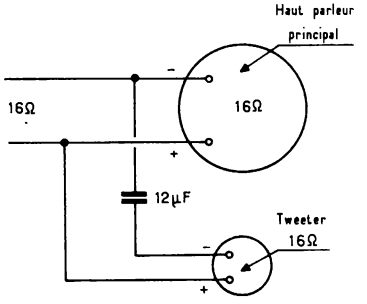


Fig. 78. — Filtre à 2 voies. Impédance 16 Ω. Fréquence de coupure 1 000 Hz Atténuation de puissance 6 dB/octave seule la fréquence du tweeter est contrôlée.

En regardant le schéma, on constate que seules les fréquences en direction du tweeter sont contrôlées; alors que le circuit du haut-parleur principal est libre de toute entrave. Ce qui revient à dire que le haut-parleur principal va recevoir toute la gamme de fréquences et continuera à fonctionner en même temps que le tweeter. Ce qui ne présente aucun inconvénient. Par contre, il ne faut jamais oublier de monter le condensateur, le tweeter serait soumis aux fréquences basses pour lesquelles il n'est pas conçu; on obtiendrait rapidement la destruction de la bobine mobile, donc du tweeter lui-même.

On peut vouloir contrôler les fréquences en direction du haut-parleur principal. Pour cela on adjoindra une self en série sur le circuit du haut-parleur principal ainsi que le montre la figure 79.

L'inductance, communément appelée self, au contraire du condensateur, voit son impédance augmenter proportionnellement à la fréquence, donc elle laissera passer les fréquences basses et arrêtera les aiguës. Dans ce montage on obtient toujours une atténuation de

puissance de 6 db/octave. Dans ce montage on a encore choisi une fréquence de coupure à 1 000 Hz.

On peut acheter les selfs toutes faites ou bien les fabriquer soi-même. Il faut confectionner un corps de bobine en bois ou en carton fort ou en tous autres matériaux isolants. Mais il faut d'abord calculer la bobine de fil pour connaître les dimensions du corps.

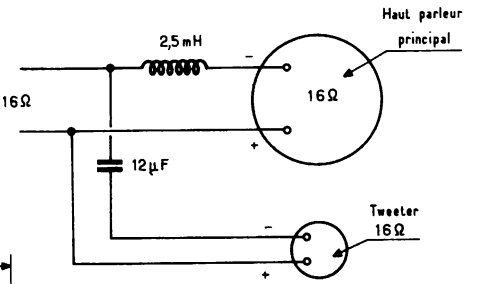


Fig. 79. — Filtre à 2 voies. Impédance 16 Ω Atténuation de puissance 6 dB/octave. Les fréquences allouées à chacun des haut-parleurs sont contrôlées.

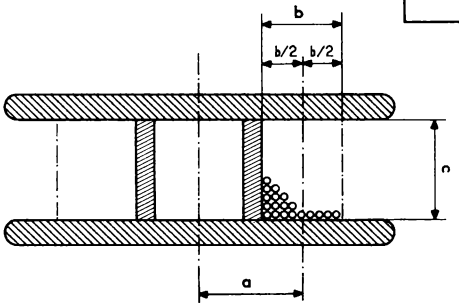


Fig. 80. — Bobine de self. Les dimensions **a**, **b** et **c** doivent être du même ordre de grandeur

On trouvera le nombre de spires en appliquant la formule de Weeler :

$$L(\mu H) = \frac{0{,}315 \times a^2 \times n^2}{6a + 9b + 10c}$$

L = valeur de l'inductance en microHenry

n = nombre de spires

a, b, c, = dimensions de la bobine en cm (voir fig. 80).

Signalons qu'une bobine de section carrée donnera le coefficient de self induction le meilleur pour le minimum de cuivre. On aura

donc $b = c$. D'autre part, la formule ne donne de bons résultats que si les dimensions a, b, c sont du même ordre de grandeur.

De la formule de Weeler, vue plus haut, on tire

$$n = \sqrt{\frac{L \times (6a + 9b + 10c)}{0{,}315 \times a^2}}.$$

Comme il y a beaucoup d'inconnues il faut procéder par tâtonnements, nous donnons le résultat direct pour ne pas alourdir le texte.

(Nous prenons la valeur de la self de la figure 79 qui est 2,5 mH soit 2 500 (μH)

$a = 3$ cm

$b = c = 2$ cm

on aura $n = \sqrt{\frac{2\,500\,(6 \times 3 + 9 \times 2 + 10 \times 2)}{0{,}315 \times 3^2}} = 220$ spires

en prenant du fil de 12/10 on pourra avoir 15 couches de 15 spires ce qui fera $15 \times 15 = 215$ spires

et $15 \times 1{,}2 = 18$ mm ce qui fera que

$b = c = 18$ mm soit 1,8 cm.

Les montages que nous venons de voir permettent une atténuation de puissance de 6 db/octave.

— Filtres donnant une atténuation de 12 dB/octave

Pour obtenir une atténuation de 12 db/octave, ce qui est préférable, il faudra adopter le montage de la figure 81. C'est bien sûr plus compliqué et plus onéreux à réaliser.

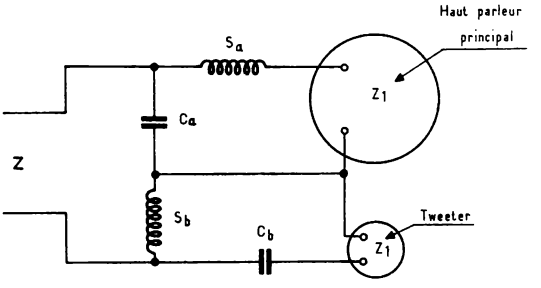


Fig. 81. — Filtre à 2 voies. Atténuation de puissance 12 dB/octave. Se calcule à l'aide de l'abaque de la figure 82.

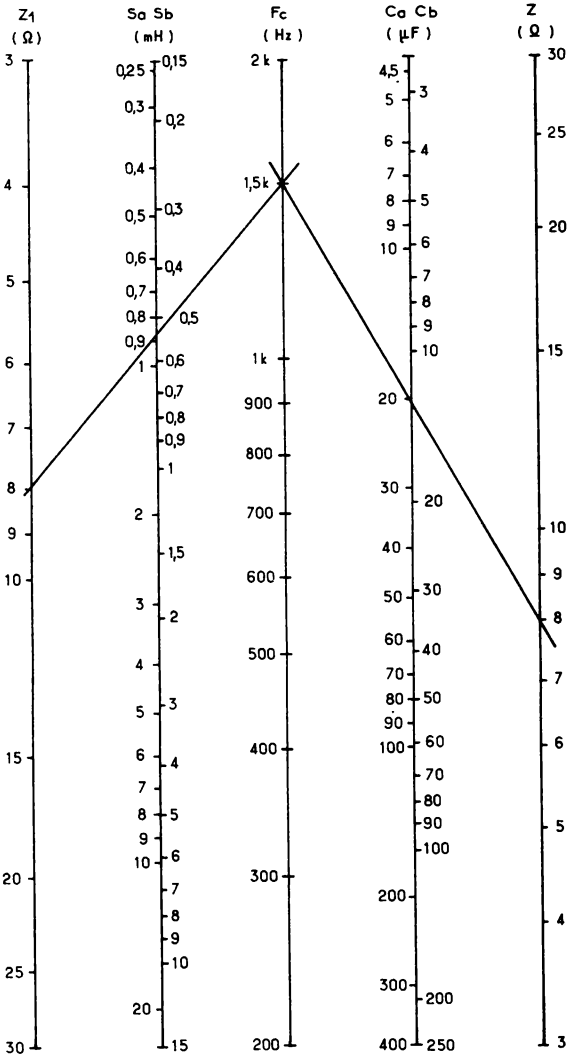


Fig. 82. — Abaque (d'après Ch. Dartevelle) permettant de calculer le filtre suivant montage de la fig. 81. Connaissant les impédances Z et Z_1 des haut-parleurs et la fréquence de coupure Fc désirée ; On rejoint ces 3 points par 2 lignes obliques, qui couperont les réglettes donnant, l'une des valeurs des selfs Sa et Sb, et l'autre les valeurs des condensateurs Ca et Cb.

On calculera les valeurs des selfs et condensateurs à l'aide de l'abaque de la figure 82 (d'après Ch. Dartevelle). Dans l'exemple choisi les haut-parleurs ont une impédance de 8 Ω et la fréquence de coupure est de 1 500 Hz. En raccordant ces 3 points par 2 droites on trouve immédiatement les valeurs des selfs et condensateurs.

Ainsi on a : 0,85 mH pour la self S*a*; 0,55 mH pour la self S*b*; 20 μF pour le condensateur C*a*; 12,5 μF pour le condensateur C*b*.

Évidemment on achètera dans le commerce des condensateurs de valeurs normalisées se rapprochant le plus près possible des valeurs trouvées par le calcul. Cela ne présente pas d'inconvénient majeur. Il se passera que la fréquence de coupure, au lieu de se faire à 1 500 Hz comme prévu se fera en réalité à 1 400 ou 1 600 Hz par exemple.

Si on a besoin d'un condensateur de forte valeur et qu'on ait des difficultés à en trouver on pourra associer plusieurs condensateurs de plus faibles valeurs montés en dérivation (voir fig. 83).

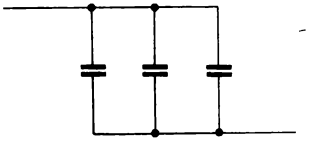


Fig. 83. — Branchement en dérivation de 3 condensateurs de 5 μF, pour obtenir l'équivalent d'un condensateur unique de 15 μF.

Ainsi 3 condensateurs de 5 μF branchés en dérivation seront équivalents à un condensateur unique de 15 μF.

On remarquera que les filtres apportent des déphasages aux abords de la fréquence de coupure : de 90° pour un filtre de 6 db/octave; de 180° pour un filtre de 12 db/octave.

Cela est particulièrement sensible pour les fréquences de coupure jusqu'à 1 500 Hz et il faut y remédier. Pour les fréquences de coupures supérieures à 1 500-2 000 Hz il est inutile de se préoccuper de ce phénomène qui n'aura plus guère d'influence pratique.

Remèdes à apporter : dans le cas d'un filtre à 6 db/octave avec fréquence de coupure à 1 000 Hz, il suffira de reculer légèrement le tweeter à l'intérieur de l'enceinte (8 cm). Dans le cas d'un filtre à 12 db/octave il suffit de brancher les haut-parleurs en opposition de phase, c'est-à-dire en inversant les polarités de raccordement des haut-parleurs entre eux (voir fig. 84).

Dans les montages précédents on avait choisi une fréquence de coupure à 1 000 Hz avec une impédance des haut-parleurs de 16 Ω. Les valeurs des filtres sont inversement proportionnelles à la fréquence de coupure. Par exemple si on choisit une fréquence de coupure à

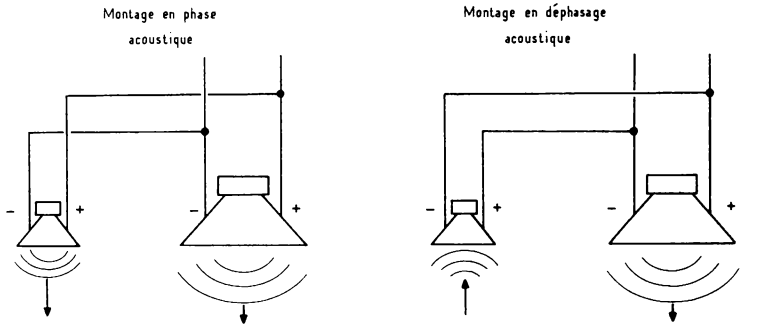


Fig. 84. — Lorsque les haut-parleurs sont en phase, les membranes fonctionnent ensemble, dans le même sens. Si on inverse les polarités, on obtiendra un déphasage acoustique.

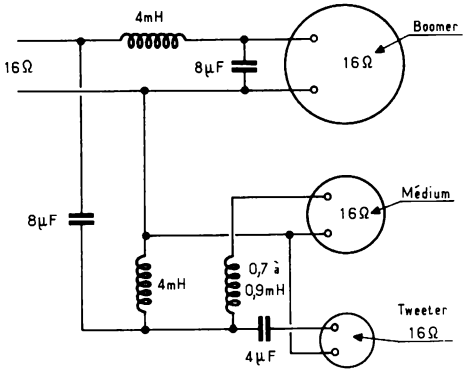


Fig. 85. — Filtre 3 voies. Impédance 16 Ω. Fréquences de coupure = 800 Hz et 5 000 Hz. Atténuation de puissance 12 dB/octave.

500 Hz il suffira de multiplier par 2 les valeurs des condensateurs et des selfs prévues pour une coupure à 1 000 Hz. Si on choisit une fréquence de coupure à 2 000 Hz il suffira de diviser par 2 les valeurs des condensateurs et selfs prévues pour 1 000 Hz de fréquence de coupure.

Lorsque l'impédance est différente, par exemple 8 Ω au lieu de 16 Ω, il suffira de multiplier par 2 les valeurs des condensateurs et de diviser par 2 les valeurs des selfs. On peut dire que, plus la fréquence de coupure est élevée, plus les valeurs des condensateurs et des selfs seront faibles.

Filtre à 3 voies

Le montage adopté est celui de la figure 85. Les valeurs des selfs et condensateurs sont données en fonction d'une fréquence de coupure de 800 Hz entre boomer et médium et de 5 000 Hz entre médium et tweeter. L'atténuation est de 12 db/octave.

Filtre donnant une atténuation de 18 dB/octave

La figure 86 donne le montage d'un système à deux voies avec fréquence de coupure à 1 000 Hz.

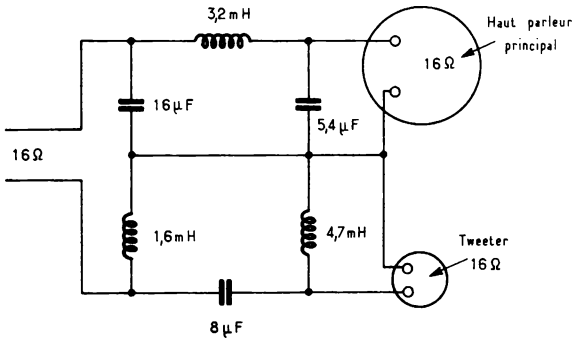


Fig. 86. — Filtre 2 voies. Impédance 16 Ω. Fréquence de coupure 1 000 Hz. Atténuation de puissance 18 dB/octave. Montage peu recommandable parce qu'il provoque un déphasage très important.

Sur un tel montage le déphasage est très important. Le résultat ne donne pas entière satisfaction. Nous le donnons seulement à titre indicatif. En pratique, il vaut mieux s'en tenir aux filtres donnant une atténuation de puissance de 6 ou 12 db/octave.

Si on décide de fabriquer un filtre avec plusieurs condensateurs et selfs on rassemblera tous ces éléments sur une plaquette en ébonite ou autre matériau isolant. Cela fera un ensemble compact que l'on pourra fixer sur une des parois latérales de l'enceinte acoustique ou sur le baffle s'il y a la place. On fixera cet ensemble sérieusement pour éviter toute vibration parasite.

CHAPITRE XV

Adaptation d'impédance pour haut-parleurs

Il peut se faire qu'on veuille utiliser des haut-parleurs de différentes impédances, pour fabriquer une enceinte acoustique. (Des haut-parleurs de récupération qu'on possède chez soi par exemple.) Il faudra alors rattraper la différence d'impédance au moyen de résistance ou de transformateur. De toute façon ces accessoires consommeront de la puissance et dégageront de la chaleur.

Par exemple, s'il faut 16 Ω à l'entrée de l'enceinte, et qu'on possède un haut-parleur de 32 Ω, il faudra brancher une résistance de 32 Ω en dérivation (voir fig. 87).

Autre exemple : s'il faut 16 Ω à l'entrée de l'enceinte et qu'on possède un haut-parleur de 8 Ω il faudra brancher, en série, une résistance de 8 Ω (voir fig. 88).

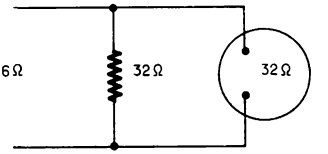
Dans le montage en dérivation on a $\frac{1}{I} = \frac{1}{I_1} + \frac{1}{I_2}$

Dans le montage en série on a $I = I_1 + I_2$

On se reportera au début du chapitre IX « Groupement des enceintes » les problèmes étant les mêmes.

Admettons que nous possédions un haut-parleur grave-médium de 32 Ω et un tweeter de 8 Ω et qu'on veuille fabriquer une enceinte 2 voies ayant une impédance de 16 Ω en accord avec celle de l'amplificateur. On choisit de faire un filtre suivant le modèle de la fig. 79. En adjoignant les résistances nécessaires nous allons obtenir un montage selon la figure 89.

Fig. 87. — Une résistance de 32 Ω, montée en dérivation avec un haut-parleur de 32 Ω donnera une indépendance d'entrée de 16 Ω.



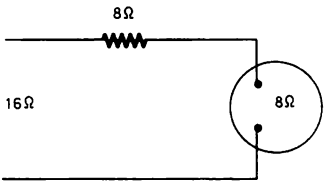


Fig. 88. — Une résistance de 8 Ω, montée en série avec haut-parleur de 8 Ω donnera une impédance d'entrée de 16 Ω.

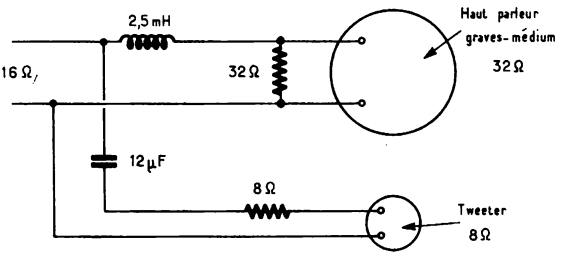


Fig. 89. — Filtre 2 voies, avec 2 haut-parleurs d'impédances différentes. Fréquence de coupure 1 000 Hz. Atténuations de puissance 6 dB/octave.

Afin qu'il n'y ait aucune confusion aux yeux du néophyte, peu au courant des phénomènes électriques, il n'est pas inutile de bien préciser que :

Si on monte deux haut-parleurs en dérivation ayant chacun une impédance de 8 Ω on obtiendra une impédance de sortie de 4 Ω (voir fig. 90).

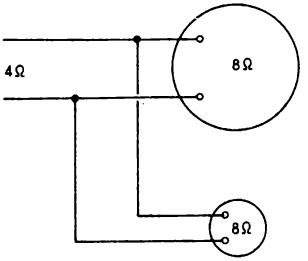


Fig. 90. — Deux haut-parleurs de 8 Ω, branchés en dérivation, donnent une impédance d'entrée de 4 Ω.

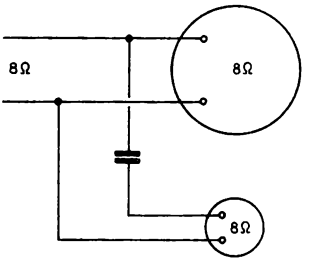


Fig. 91. — Deux haut-parleurs de 8 Ω, branchés en dérivation, avec adjonction d'un condensateur en série avec l'un des haut-parleurs, donnent une impédance d'entrée de 8 Ω.

Si dans le circuit on insère un ou des condensateurs ou des selfs, ces appareils ont leurs propres impédances qui varient avec la fréquence. Ce qui fait que l'impédance de sortie sera égale à celle des haut-parleurs. Par exemple deux haut-parleurs de 8 Ω en dérivation auxquels on adjoint un condensateur donneront une impédance de sortie de 8 Ω (voir fig. 91).

CHAPITRE XVI

UN PEU D'ACOUSTIQUE

I°) Généralités

Pour émettre un son il faut qu'un corps vibre. Ces vibrations sont transmises par les molécules de l'air. Les sons se propagent dans l'air, les solides, les liquides, les gaz, mais ils ne se transmettent pas dans le vide. Dans l'air à 20 °C, la vitesse de propagation du son est 340 m/seconde. Ces vibrations se transmettent dans l'air en ondes sphériques, semblables à celles que fait une pierre jetée dans l'eau.

La fréquence d'un son est le nombre de vibrations double par unité de temps dans un phénomène périodique. Elle s'exprime en Hertz. Exemple : un son de fréquence 50 Hz = 50 périodes/sec. La période est le temps d'une vibration double, c'est l'inverse de la fréquence.

Exemple avec un son de 50 Hz la période est $\frac{1}{50}$ seconde.

La longueur d'onde est la distance parcourue par l'onde pendant une période. Elle s'exprime en mètres. Dans l'air à 20 °C la longueur d'onde sera égale à :

$\lambda = V \times t$ avec

V = vitesse du son dans l'air à 20 °C, 340 m/s

t = période.

Donc un son de fréquence 50 Hz donnera une longueur d'onde de :

$$340 \times \frac{1}{50} = 6{,}8 \text{ m.}$$

Les sons graves ont de grandes longueurs d'ondes alors que les sons aigus en ont de très faibles. Lorsque les ondes sonores se propagent dans l'air et qu'elles butent sur la surface d'un corps (meuble, paroi, etc...) elles sont partiellement réfléchies ou absorbées, suivant que l'obstacle est dur et lisse ou plus ou moins absorbant. Un obstacle compact et lisse (verre, métaux) réfléchira la plus grande partie des ondes sonores. Un obstacle poreux (tissu, matière plastique expansée) en absorbera la plus grande partie.

Nous donnons ci-après quelques valeurs de longueurs d'ondes en fonction de certaines fréquences :

fréquences en Hz	Long. d'ondes en m	fréquences en Hz	Long. d'ondes en m
10	34	1 500	0,23
20	17	3 000	0,11
30	11,3	5 000	0,068
40	8,5	8 000	0,042
50	6,8	11 000	0,031
80	4,25	13 000	0,026
200	1,70	16 000	0,021
600	0,57	18 000	0,018
900	0,38	20 000	0,017
1 200	0,28	22 000	0,015

L'audition du son

C'est le tympan qui reçoit les vibrations de l'air, de là elles sont transmises à l'oreille interne où arrive le nerf auditif venant du cerveau.

Ce qui veut dire que la capacité auditive varie suivant les individus (état de santé, âge).

Un sujet jeune est capable d'entendre une gamme de fréquences de 16 Hz à 20 000 Hz; vers 30 ans, la gamme se réduit à 16 000 Hz; pour un individu âgé, en bonne santé, cette gamme sera réduite aux environs de 12 000 Hz.

La sensibilité de l'oreille est variable suivant la fréquence et la puissance sonore.

Des relevés statistiques ont permis d'établir une courbe de sensibilité de l'ouïe (voir fig. 92).

La courbe A indique la pression acoustique en fonction de la fréquence pour le seuil d'audibilité.

On voit que la meilleure sensibilité de l'oreille se situe aux environs de 1 000 Hz.

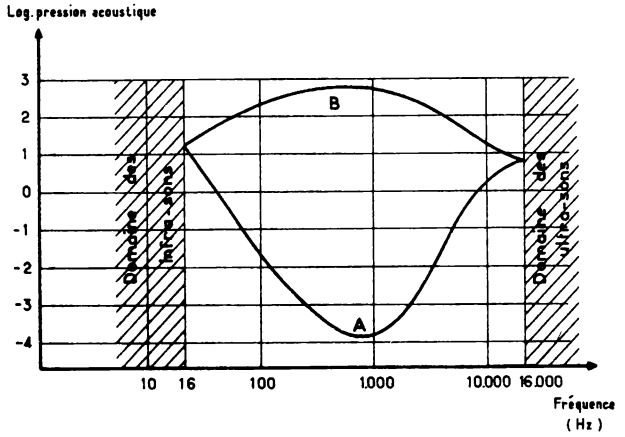


Fig. 92. — Courbes de sensibilité de l'ouïe
A : seuil d'audibilité. B : seuil de la douleur.

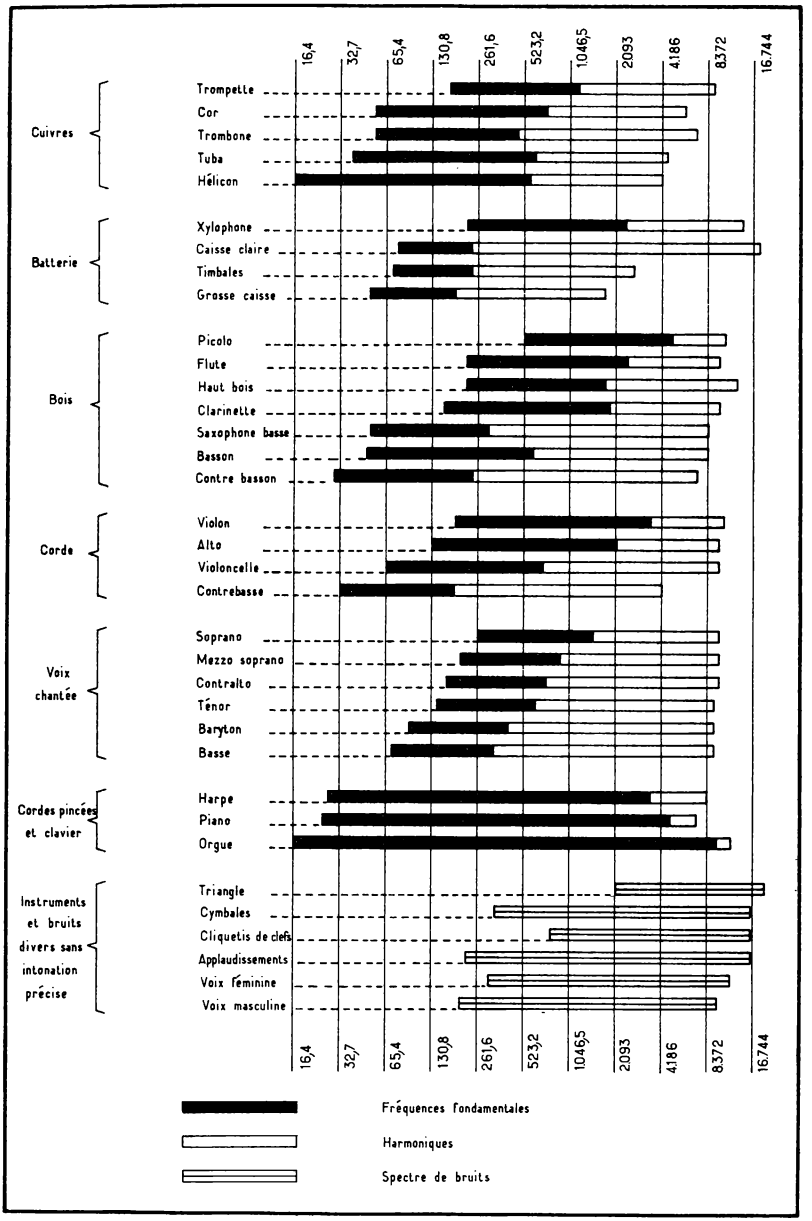
Si on augmente la pression acoustique on obtient la courbe B qui est le seuil de la douleur. L'oreille est saturée. On remarque que c'est encore aux environs de 1 000 Hz que l'énergie acoustique est la plus importante. Ce qui veut dire que l'oreille humaine favorise cette gamme d'ondes autrement dit les médiums.

Les unités de puissance sonore sont exprimées en bar/cm^2. On emploie aussi une autre unité : le décibel (dB).

Le décibel est la plus petite différence de puissance sonore que l'oreille apprécie. 0 dB début de la perception sonore. 30 dB niveau normal de bruit dans un appartement. Violon à 3,50 m. 50 dB. Bureau. Salle de restaurant relativement calme. 55 dB Conversation à 1 m. 70 dB Bureau de dactylographie. 80 dB Rue très animée, puissante réception de radio. Grand orchestre. 85 dB Usine. Cuivres et tambours à 10 m. 90 dB Métro. 110 dB Tonnerre. 130 dB Seuil de la douleur.

Il existe d'autres sons inaudibles à l'oreille, ce sont :

Les infrasons, inférieurs à 16 Hz.


16,4
32,7
65,4
130,8
261,6
523,2
1046,5
2093
4186
8372
16.744
Cuivres
Trompette
Cor
Trombone
Tuba
Hélicon
Batterie
Xylophone
Caisse claire
Timbales
Grosse caisse
Bois
Picolo
Flute
Haut bois
Clarinette
Saxophone basse
Basson
Contre basson
Corde
Violon
Alto
Violoncelle
Contrebasse
Voix chantée
Soprano
Mezzo soprano
Contralto
Ténor
Baryton
Basse
Cordes pincées et clavier
Harpe
Piano
Orgue
Instruments et bruits divers sans intonation précise
Triangle
Cymbales
Cliquetis de clefs
Applaudissements
Voix féminine
Voix masculine
Fréquences fondamentales
Harmoniques
Spectre de bruits

Les ultra-sons, supérieurs à 20 000 Hz.

(A noter que le chat perçoit des fréquences jusqu'à 40 000 Hz, le chien jusqu'à 80 000 Hz, la chauve-souris jusqu'à 120 000 Hz).

La musique

Les sons musicaux sont définis par trois caractéristiques physiologiques : l'intensité, la hauteur, le timbre.

L'intensité est la plage d'énergie que peut fournir un instrument.

La hauteur, c'est la fréquence du son, l'unité pratique est l'octave.

Le timbre. Les différents timbres sont liés à la superposition de la vibration fondamentale et de ses harmoniques (c'est ce qui permet de reconnaître la personne connue qui parle).

Nous donnons fig. 93 un tableau donnant les fréquences audibles des principaux instruments de musique.

2°) Acoustique et HI-FI

Maintenant que nous avons fabriqué de bonnes enceintes il est intéressant de voir comment en tirer le meilleur parti pour obtenir le plus de satisfaction musicale.

La qualité musicale dépend surtout de la reproduction fidèle de la gamme des sons graves aux sons aigus. La gamme des médiums est la plus favorisée tant du point de vue reproduction dans les haut-parleurs qu'au point de vue audition puisqu'elle est favorisée par l'ouïe ainsi que nous l'avons vu plus haut.

Les sons graves donnent la profondeur et la chaleur des sons alors que les aigus donnent le brillant et la clarté. Il ne faut pas exagérer dans un sens ni dans l'autre, l'extension des graves provoquera une sensation d'étouffement ou de ronflement. Il faut donc agir sans exagération sur les réglages des graves et d'aigus de l'amplificateur afin d'obtenir une musique fidèle et naturelle.

La position des enceintes dans la salle d'écoute ainsi que l'ameublement de cette salle jouent aussi un grand rôle. Une salle contenant peu ou pas de tapis, de meubles capitonnés, de moquette sera réverbérante, elle peut renforcer les sons aigus et provoquer des résonances gênantes.

Fig. 93. — (page précédente) Tableau donnant les fréquences audibles, les fréquences fondamentales, et les harmoniques de certains instruments de musique.

Par contre une salle fortement tapissée de matériaux absorbants assourdira les sons aigus.

On peut faire facilement cet essai chez soi en installant la chaîne de musique dans deux pièces différentes par leurs ameublements.

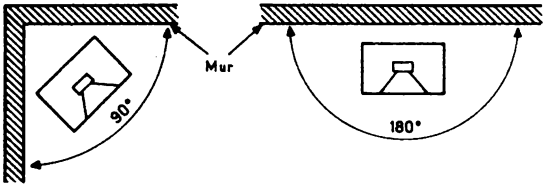


Fig. 94. — Un haut-parleur placé dans l'encoignure voit ses ondes diffusées sur 90°, cela favorise les sons graves c'est une disposition à recommander. Un haut-parleur placé le long d'un mur diffuse ses ondes sur 180°

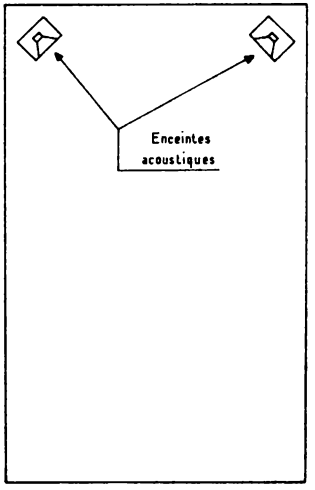


Fig. 95. — Dans une pièce rectangulaire, il vaut mieux mettre les enceintes sur un des petits côtés : la diffusion des ondes se fera longitudinalement, cela évitera une réflexion trop rapide.

Dans une pièce ayant un plancher très verni ou du carrelage, il sera bon de mettre un tapis ou de la moquette, au moins sur une certaine surface. Le long d'un mur, un rideau constituera un bon absorbant sonore s'il est placé sur le mur en face des enceintes. S'il est placé derrière ou latéralement aux enceintes ce seront les sons réfléchis qui seront absorbés.

Il est préférable de placer l'enceinte dans un coin de la salle d'écoute, cela concentrera le son dans un angle de 90°. Si l'enceinte est placée le long d'un mur la dispersion se fera à 180° (voir fig. 94).

Les sons aigus tendent à se concentrer dans l'axe du haut-parleur alors que les sons graves se dispersent dans toutes les directions, donc la position de l'enceinte dans une encoignure favorisera la reproduction des graves.

Si la salle d'écoute est rectangulaire, il faut mettre les enceintes sur un des petits côtés la diffusion se fera longidutinalement. Les ondes sonores auront une plus grande distance à parcourir avant d être réfléchies (voir fig. 95).

Et maintenant à chacun de se livrer à des essais de positions d'enceintes suivant les possibilités de l'ameublement afin d'obtenir les meilleurs résultats.

Observons que pour avoir la musique la plus fidèle il vaut mieux essayer d'améliorer acoustiquement le local d'audition plutôt que de manœuvrer exagérément les commandes de tonalités de l'amplificateur.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction 5
Généralités 6

PREMIÈRE PARTIE

LA RÉALISATION PRATIQUE
DES ENCEINTES ACOUSTIQUES HI-FI

CHAPITRE I. — L'enceinte acoustique 9
Les différents types d'enceintes 13
L'enceinte close 13
L'enceinte bass-réflex 13
CHAPITRE II. — Les haut-parleurs 17
Notions sur la bande passante 19
Les différents types de haut-parleurs 20
CHAPITRE III. — Le baffle 23
CHAPITRE IV. — Raccordements électriques 25
Schémas de principe 25
Les différentes combinaisons possibles 26
CHAPITRE V. — La soudure 33
CHAPITRE VI. — La menuiserie 35
1re méthode. — Le coffret type amateur 37
2e méthode. — Le coffret type ébéniste 44
CHAPITRE VII. — Exemples d'adaptations 51
CHAPITRE VIII. — Les kits 53
Liste non exhaustive, des principaux fabricants de haut-parleurs 55

DEUXIÈME PARTIE

PRATIQUE ET THÉORIE DES ENCEINTES ACOUSTIQUES HI-FI

Avant-propos 58
CHAPITRE IX. — Groupement d'enceintes acoustiques 59
CHAPITRE X. — Adaptation d'impédance 64
CHAPITRE XI. — La quadriphonie 65
Les deux principes de la quadriphonie 65
1er principe 66
2e principe 67
La quadri-stéréo 67
L'utilisation d'un synthétiseur de fréquence 71
CHAPITRE XII. — Le haut-parleur 74
Fonctionnement du haut-parleur 74
La résonance basse ou résonance principale 78
Fonctionnement du haut-parleur aux diverses fréquences . 78
Fonctionnement acoustique 79
CHAPITRE XIII. — Fonctionnement des enceintes acoustiques.. 82
1°) L'enceinte close 82
2°) L'enceinte bass-réflex 84
CHAPITRE XIV. — Les filtres 87
Divers systèmes de filtres à 2 voies 89
Filtres donnant une atténuation de 6 dB/octave 89
Filtres pour atténuation de 12 dB/octave 92
Filtres à 3 voies 96
Filtres donnant une atténuation de 18 dB/octave 96
CHAPITRE XV. — Adaptation d'impédance pour haut-parleurs 98
CHAPITRE XVI. — Un peu d'acoustique 101
1°) Généralités 101
L'audition du son 102
La musique 105
2°) Acoustique et HI-FI 105

Aux Éditions Radio vous trouverez parmi d'autres livres :

SONO ET PRISE DE SON, par **R. Besson.** — Tout ce qu'il faut connaître pour sonoriser correctement en mono, stéréo ou tétraphonie, depuis le salon d'écoute du particulier jusqu'au grand rassemblement extérieur en passant par les bar, magasin, théâtre, salle de concert...
216 pages, format 16 × 24 (2e édition).

COMMENT AMÉNAGER SON LOCAL D'ÉCOUTE HI-FI. — Réponses aux questions de l'amateur, pour aménager son salon d'audition.
96 pages, format 13,7 × 20 cm (2e édition).

INITIATION HI-FI, STÉRÉOPHONIE, QUADRIPHONIE, par **P. Chauvigny.** — Tous les renseignements sur la Hi-Fi, permettant d'acheter et de tirer le meilleur parti de ses appareils
160 pages, format 15,7 × 24 (2e édition).

LE MAGNÉTOPHONE ET SES UTILISATIONS, par **R. Daschepper et Ch. Dartevelle** — Cet ouvrage est destiné aux utilisateurs du magnétophone désireux de tirer le meilleur parti de leur appareil.
96 pages, format 16 × 24 (4e édition).

COMMENT CHOISIR ET INSTALLER SA CHAINE HI-FI, par **Ch. Dartevelle.** — Cet ouvrage permettra à chacun le meilleur choix des éléments constitutifs et l'utilisation la plus rationnelle d'une chaîne Hi-Fi, critères indispensables au succès.
144 pages, format 16 × 24 (2e édition).

TECHNIQUES HI-FI, par **Ch. Dartevelle.** — Utilisation des phonocapteurs Bras et tables de lecture. F. M. et réception stéréophonique. Alignement et réglage des récepteurs multiplex. Préamplificateurs et amplificateurs à transistors et à circuits intégrés; les protections, les alimentations, les réglages et les mesures. Casques, filtres et enceintes acoustiques. Quadriphonie.
400 pages, format 16 × 24 (2e édition).

GUIDE PRATIQUE HI-FI, par **Ch. Dartevelle.** — Les critères de qualité des six maillons d'une chaîne Hi-Fi : la table de lecture; le bras de lecture; le phonocapteur; l'électronique de commande; le magnétophone; le haut-parleur et les enceintes acoustiques. Avec un lexique des termes Hi-Fi.
160 pages, format 16 × 24 (3e édition).

LES MAGNÉTOSCOPES (théorie et pratique, par **Ch. Dartevelle.** — Principes généraux de l'enregistrement des images sur bande magnétique, les divers procédés. Caméras électroniques, adaptateurs TV et convertisseurs V.H.F. Schémas pratiques de magnétoscopes. Technique de montage des bandes vidéo.
144 pages, format 16 × 24 (2e édition)

TECHNIQUE DU MAGNÉTOPHONE, par **R. Masscho.** — C'est un ouvrage qui étudie les différents éléments mécaniques et électroniques de l'appareil. Une partie importante est consacrée au service et à la maintenance.
320 pages, format 16 × 24 (2e édition).

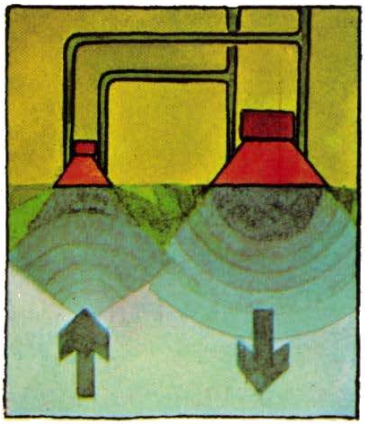
Editions Radio

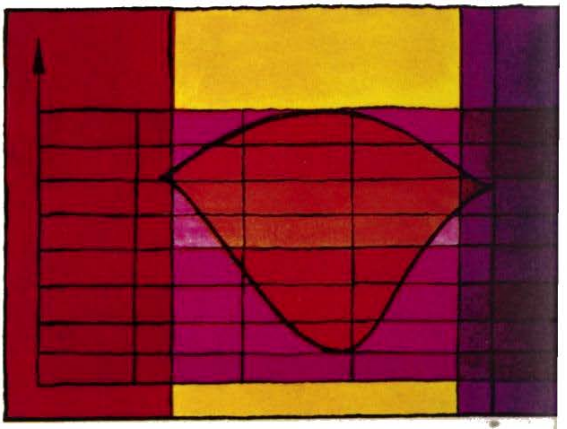
9, rue Jacob - 75006 Paris
C.C.P. 1164-34 Paris

Mélomane et habile de ses doigts, Pierre Chauvigny a construit depuis dix ans, quelques dizaines d'enceintes acoustiques.

Ce violon d'Ingres a suscité en lui bien des questions et des « pourquoi ». Il vous livre ici ses réponses, ses tours de mains, et vous fait ainsi partager la longue expérience qu'il a acquise, grâce à son « hobby ».

Suivez-le et vous ajouterez, au plaisir de l'écoute, la satisfaction de réaliser vous-même vos enceintes acoustiques HI-FI qui feront la joie de votre famille, et l'admiration de vos amis.





BIBLIOTHEQUE NATIONALE DE FRANCE
3 7502 00204867 8

I. S. B. N. 2 7091 0762